$$\Delta\hat{H}_{SnO_2} = \int_{298}^{363}\left(73.89 + 10.04\times10^{-3}.T - \frac{2.16\times10^{4}}{T}\right)dT$$

$$\Delta\hat{H}_{SnO_2} = 4574.2\ J/g\ mol\ SnO_2$$

$$\Delta H_{SnO_2} = \frac{1\ g\ mol\ SnO}{} \left|\frac{1\ g\ mol\ SnO_2}{1\ g\ mol\ SnO}\right|\frac{4574.2\ J}{g\ mol\ SnO_2}\left|\frac{1\ kJ}{1000\ J}\right. = 4.574\ kJ$$

برای محاسبه آنتالپی اکسیژن از CD کمک می‌گیریم.

$$\Delta H_{O_2} = \frac{\tfrac{1}{2}\ g\ mol\ O_2}{}\left|\frac{1.961\ kJ}{g\ mol\ O_2}\right. = 0.981\ kJ$$

$$\Delta H_{products} = \Delta H_{SnO_2} \Rightarrow \Delta H_{Product} = 4.574\ kJ$$

$$\Delta H_{Reactants} = \Delta H_{O_2} + \Delta H_{SnO}$$

$$\Delta H_{Reactants} = 2.882 + 0.981 = 3.863\ kJ$$

سپس مقدار گرمای واکنش را در دمای $25°C$ محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta H_{rxn} = n_{SnO_2}.\hat{H}^{\circ}_{f,SnO_2} - n_{SnO}.\hat{H}^{\circ}_{f,SnO} - n_{O_2}.\hat{H}^{\circ}_{f,O_2}$$

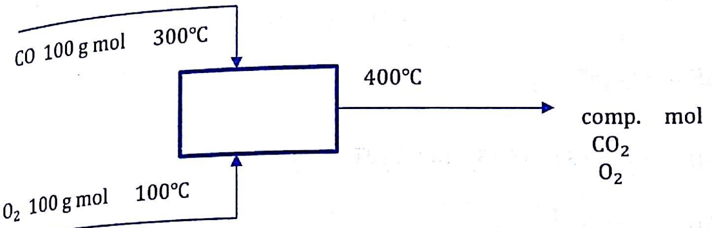
$$\Delta H_{rxn} = 1\times(-557.8) - 1\times(-283.3) - \tfrac{1}{2}\times(0)$$

$$\Delta H_{rxn} = -274.5\ kJ$$

و در نهایت گرمای واکنش را در دمای $90°C$ محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta H = 4.574 - 3.863 + (-274.50) = -273.79\ kJ$$

۱۴-۲-۱۰



ابتدا گرمای حاصل از احتراق در دمای $25°C$ را به کمک جدول پیوست کتاب محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta\hat{H}_{rxn}(25°C) = -\left(\sum_{Products} n_i\,.\Delta\hat{H}^{\circ}_{c,i} - \sum_{Reactants} n_i\,.\Delta\hat{H}^{\circ}_{c,i}\right)$$

$$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$$

$$\Delta H_{rxn} = -\left(n_{CO_2}.\Delta\hat{H}_{c,CO_2} - n_{CO}.\Delta\hat{H}_{c,CO} - n_{O_2}.\Delta\hat{H}_{c,O_2}\right)$$

$$\Delta H_{rxn} = -\left(100\times(0) - 100\times(-282.99) - 50\times(0)\right)$$

$$\Delta H_{rxn} = -2.830\times10^{4}\ kJ$$

آنتالپی مربوط به هر یک از جریان‌های ورودی و خروجی را محاسبه می‌کنیم.

	Compound	g mol	T(°C)	$\Delta\hat{H}_{25°C}^{200°C}$ (kJ/g mol)	ΔH(kJ)
in	CO	100	300	8.294	829.4
	O_2	100	100	2.265	
				Total	1055.9
out	CO_2	100	400	16.245	1624.5
	O_2	50	400	11.640	582.0
				Total	2206.5

$$\Delta H = 0.2206\times10^{4} - 0.1056\times10^{4} + (-2.830\times10^{4})$$

$$\Delta H = 2.715\times10^{4}\ kJ$$

۱۵-۲-۱۰ مبنا: 1 g mol مخمر

گرمای تشکیل به صورت زیر است:

$$3.92C + 6.5H + 1.94O_2 \rightarrow C_{3.92}H_{6.5}O_{1.94}$$

گرمای احتراق برای واکنش زیر است:

$$C_{3.92}H_{6.5}O_{1.92} + 5.60O_2 \rightarrow 3.92CO_2(g) + 3.25H_2O(l)$$

$$-1518\ kJ = -\left[\sum_{Products} n_i\Delta H^{\circ}_{f,i} - \sum_{Reactans} n_i\Delta H^{\circ}_{f,i}\right]$$

$$-1518 = -\left[(3.92)(-393.51) + (3.25)(-285.840) - 5.60(0) - (1)\Delta\hat{H}^{\circ}_{f,\text{مخمر}}\right]$$

$$\Delta H^{\circ}_{f,\text{مخمر}} = -963.54\ kJ/g\ mol$$

به ازای 100 g مخمر داریم ($MW_{\text{مخمر}} = 84.63\ g/g\ mol$):

$$\Delta\hat{H}^{\circ}_{f,\text{مخمر}} = -1139\ kJ/100\ g$$

Scanned by CamScanner

۱۰-۲-۱۶

$$V_{O_2}=\frac{1\ \text{g glucose}}{}\left|\frac{1\ \text{g mol glucouse}}{180\ \text{g glucouse}}\right|\frac{6\ \text{g mol } O_2}{1\text{g mol glucouse}}$$

$$\times\frac{24.45\ l\ O_2}{1\ \text{g mol } O_2}=0.815\ LO_2$$

$$\Delta\hat{H}^{\circ}_{rxn}=\left[6\left(\hat{H}^{\circ}_f\right)_{H_2O}+6\left(\hat{H}^{\circ}_f\right)_{CO_2}\right]-\left[6\left(\hat{H}^{\circ}_f\right)_{O_2}+\left(\hat{H}^{\circ}_f\right)_{C_6H_{12}O_6}\right]$$

$$\Delta\hat{H}^{\circ}_{rxn}=\left[6\times(-285.48)+6\times(-393.51)\right]-\left[6\times(0)+(-1260)\right]$$

$$\Delta\hat{H}^{\circ}_{rxn}=-2813.7\ \text{kJ}/\text{g mol glucose}$$

$$\dot{Q}=\frac{-2813.7\ \text{kJ}}{\text{g mol glucose}}\left|\frac{1\ \text{g mol glucose}}{180\ \text{g glucose}}\right|\frac{90}{100}=-14.07\ \text{kJ}/\text{g glucose}$$

۱۰-۲-۱۷

$$\Delta H_{rxn}=\left[n_{CO_2}\ \Delta\hat{H}^{\circ}_{f,CO_2}+n_{H_2O}\left(\Delta\hat{H}^{\circ}_{f,H_2O}-\Delta\hat{H}^{\circ}_{liquation,H_2O}\right)\right]$$

$$-\left[n_{C_3H_8}\left(\hat{H}^{\circ}_{f,C_3H_8}-\hat{H}^{\circ}_{liquation,C_3H_8}\right)+n_{O_2}\ \Delta\hat{H}^{\circ}_{f,O_2}\right]$$

$$\Delta H_{rxn}=\left[3\times(-94.052)+4(-57.798-10.519)\right]-\left[1\times(-24.820-3.823)+5\times(0)\right]$$

$$\Delta H_{rxn}=-526.781\ \text{kcal}/\text{g mol } C_3H_8$$

۱۰-۲-۱۸

الف)

H_2, O_2, Cl, HCl, and H_2 are gases.

(1) $6\text{ g mol } FeCl_3(-403.34\ \text{kJ/g mol } FeCl_3)+9\text{ g mol } H_2O\ (-241.826\ \text{kJ/g mol } H_2O)$
$-3\text{ g mol } Fe_2O_3(-822.156\ \text{kJ/g mol } Fe_2O_3)-18\text{ g mol HCl}\ (-92.312\ \text{kJ/g mol HCl})$
$=\boxed{-468.39\ \text{kJ}}$

(2) $6\text{ g mol } FeCl_2(-342.67\ \text{kJ/g mol } FeCl_2)+3\text{ g mol } Cl_2\ (0.0\ \text{kJ/g mol } Cl_2)$
$-6\text{ g mol } FeCl_3(-403.34\ \text{kJ/g mol } FeCl_3)=\boxed{-364.02\ \text{kJ}}$

(3) $2\text{ g mol } Fe_3O_4(-1116.7\ \text{kJ/g mol } Fe_3O_4)+12\text{ g mol HCl}\ (-92.312\ \text{kJ/g mol HCl})$
$+2\text{ g mol } Fe_3O_4(-0.0\ \text{kJ/g mol } H_2)-6\text{ g mol } FeCl_2\ (-342.67\ \text{kJ/g mol } FeCl_2)$
$-8\text{ g mol } H_2O\ (-241.826\ \text{kJ/g mol } H_2O)=\boxed{649.48\ \text{kJ}}$

(4) $3\text{ g mol } Fe_2O_3(-822.156\ \text{kJ/g mol } Fe_2O_3)+9\text{ g mol } Fe_3O_4\ (-1116.7\ \text{kJ/g mol}$
$Fe_3O_4)-\frac{1}{2}\text{ g mol } O_2\ (0.0\ \text{kJ/g mol } O_2)=\boxed{-233.07\ \text{kJ}}$

(5) $6\text{ g mol HCl}\ (-92.312\ \text{kJ/g mol HCl})+\frac{3}{2}\text{ g mol } O_2\ (0.0\ \text{kJ/g mol } O_2)$
$-3\text{ g mol } H_2O(-241.826\ \text{kJ/g mol } H_2O)-3\ Cl_2\ (0.0\ \text{kJ/g mol } Cl_2)=\boxed{-171.61\ \text{kJ}}$

ب)

$$2H_2O\rightarrow 2H_2+O_2$$

$$\sum\Delta H^{\circ}_{n,l}=\boxed{483.65\ \text{kJ}}$$

۱۰-۲-۱۹

مبنا: یک گرم بنزین

$$CH_3OH(l)+\frac{3}{2}O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)$$

با توجه به واکنش و ترکیبات آن و به کمک جدول آنتالپی تشکیل در پیوست کتاب:

$$\Delta H_{rxn}=-638.52\ \text{kJ/g mol}$$

$$\frac{638.52\ \text{kJ}}{\text{g mol}}\left|\frac{1\ \text{g mol}}{32\ \text{g}}\right|\frac{0.792\ \text{g}}{\text{cm}^3}=14.79\ \text{kJ/cm}^3$$

$$\frac{33.6\ \text{kJ}}{\text{cm}^3\ \text{gas}}\left|\frac{\text{cm}^3\ \text{methanol}}{15.79}\right.=2.13\ \frac{\text{cm}^3\ \text{methanol}}{\text{cm}^3\ \text{gas}}$$

$$(2.13-1)100=113\%\ \text{larger tank}$$

$$C_2H_5OH(l)+O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(g)$$

$$\Delta H_{rxn}=-1235\ \text{kJ/g mol}$$

$$\frac{1235\ \text{kJ}}{\text{g mol EtOH}}\left|\frac{1\ \text{g mol}}{46\ \text{g}}\right|\frac{0.789\ \text{g}}{\text{cm}^3}=21.15\ \text{kJ/cm}^3$$

$$\frac{33.6\ \text{kJ}}{\text{cm}^3\ \text{gas}}\left|\frac{\text{cm}^3\ \text{EtOH}}{21.15\ \text{kJ}}\right.=1.59$$

Scanned by CamScanner

$$(1.59-1)100 = 59\%\ \text{larger}$$

۱۰-۲-۲۰

$$C_2H_4(g) + 2H_2(g) \longrightarrow 2CH_4(g)$$

قانون اول ترمودینامیک را می‌نویسیم:

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow[W=0]{V=ctc} Q = \Delta U = \Delta H - \Delta(pv) = \Delta H - RT\Delta n$$

$$Q = \Delta H - RT\Delta n \qquad (I)$$

$$\Delta H = \Delta H^{\circ}_{rxn} = \left[2\Delta\hat{H}^{\circ}_{f,CH_4}\right] - \left[\Delta\hat{H}^{\circ}_{f,C_2H_4} + 2\Delta\hat{H}^{\circ}_{f,H_2}\right]$$

$$\Delta H = \Delta H^{\circ}_{rxn} = \left[2(-74.84)\right] - \left[(+52.283)+0\right] = -201.936\,kJ$$

$$(I) \Rightarrow Q = -201.963 - \frac{8.314\,J}{(g\,mol)(K)}\left|\frac{298.15K}{}\right|\frac{(2-3)g\,mol}{}\left|\frac{1\,kJ}{1000\,J}\right.$$

$$= -199.48\,kJ$$

علامت منفی گرما نشان می‌دهد که انتقال حرارت از راکتور به محیط اطراف می‌باشد.

۱۰-۲-۲۱

$$Cu(s) + H_2SO_4(l) \xrightarrow{T=25^{\circ}C} CuSO_4(s) + H_2(g)$$

ابتدا قانون اول ترمودینامیک را می‌نویسیم. چون حجم بمب کالریمتر ثابت است، لذا مقدار $W = 0$ خواهد بود. پس:

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{W=0} Q = \Delta U = \Delta H - RT\,\Delta n \xrightarrow{\Delta n = 0} Q = \Delta H$$

$$\Delta H = \Delta H^{\circ}_{rxn} = \Delta\hat{H}^{\circ}_{f,CuSO_4} - \Delta\hat{H}^{\circ}_{f,H_2SO_4}$$

$$= \left(-769.86\frac{kJ}{g\,mol}\right) - \left(-811.32\frac{kJ}{g\,mol}\right)$$

$$Q = +41.46\frac{kJ}{g\,mol}$$

$$Q = \frac{+41.46\,kJ}{g\,mol}\left|\frac{10^3\,J}{1\,kJ}\right|\frac{1\,Btu}{1055.04\,J}\left|\frac{454\,g\,mol}{1\,lb\,mol}\right. = +17840.88\frac{Btu}{lb\,mol}$$

علامت مثبت نشان می‌دهد این میزان گرما جذب شده است.

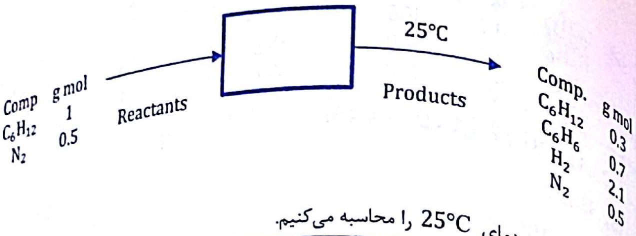
۱۰-۲-۲۲

(الف)

$$C_6H_{12}(g) \longrightarrow C_6H_6(g) + 3H_2(g)$$

با توجه به درصد تبدیل 70 % مقادیر خروجی را مشخص می‌کنیم.

مبنا: $1\,g\,mol\,C_6H_{12}$



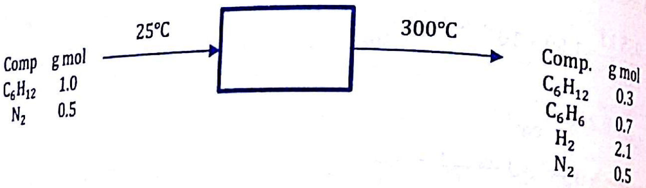
با توجه به دمای واکنش در دمای 25°C را محاسبه می‌کنیم.

compound		g mol	T(°C)	$\Delta\hat{H}^{\circ}_f$ (kJ/g mol)	ΔH(kJ)
in	C_6H_{12}	1.0	25	−123.10	−123.10
	N_2	0.5	25	0.0	
Out	C_6H_{12}	0.3	25	−123.10	−36.93
	C_6H_6	0.7	25	82.927	58.05
	H_2	2.1	25	0.0	0.0
	N_2	0.5	25	0.0	0.0

$$\Delta H = \Delta H_{rxn} = \underbrace{(-36.93+58.05)}_{out\,put} - \underbrace{(-123.10)}_{in\,put} = 144.22\,kJ$$

$$\Rightarrow \Delta\hat{H} = 1.44\times10^5\,J/g\,mol\,C_6H_{12}$$

(ب)



	Comp.	g mol	T(°C)	Heat of formation $\Delta\hat{H}_f^\circ \left(\frac{kJ}{g\ mol}\right)$	Sensible heat $\Delta\hat{H}_{25°C}^{300°C} \left(\frac{kJ}{g\ mol}\right)$	Total $\Delta H(kJ)$
ورودی	C_6H_{12}	1.0	300	−123.1	45.08	−78.02
	N_2	0.5	300	0.0	8.21	4.10
خروجی	C_6H_{12}	0.3	300	−123.1	45.08	−23.41
	C_6H_6	0.7	300	82.93	33.03	81.17
	H_2	2.1	300	0.0	7.89	16.57
	N_2	0.5	300	0.0	8.21	4.10

$$\Delta H = \overbrace{(-23.41 + 81.17 + 16.57 + 4.10)}^{output} - \overbrace{(-78.02 + 4.10)}^{input}$$

$$\Delta H = 152.35\ kJ$$

$$\Rightarrow \Delta\hat{H} = 1.52 \times 10^5\ J/g\ mol\ C_6H_{12}$$

۱۰-۲-۲۳

$$C_2H_5OH + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$$

(الف)

با فرض اینکه احتراق در دمای 25°C انجام می‌شود و نیز محصولات در دمای 25°C از سیستم خارج می‌شود خواهیم داشت:

$$\Delta H_{rxn} = -(n_{H_2O}.\Delta\hat{H}^\circ_{C,H_2O} + n_{CO_2}.\Delta\hat{H}^\circ_{C,CO_2} - n_{O_2}.\Delta\hat{H}^\circ_{C,O_2} - n_{C_2H_5OH}.\Delta\hat{H}^\circ_{C,C_2H_5OH})$$

$$\Delta H_{rxn} = -(3\times(0)+2\times(0)-3\times(0)-1\times(-1366.91))$$

$$= -1366.91\ kJ/g\ mol\ C_2H_5OH$$

= نسبت CO_2 منتشر شده به حرارت حاصل از واکنش احتراق

$1\ g\ mol\ C_2H_5OH$	$2\ g\ mol\ CO_2$	$44\ g\ CO_2$	$1\ lb$
$1366.91\ kJ$	$1\ g\ mol\ C_2H_5OH$	$1\ g\ mol\ CO_2$	$454\ g$

$$\times \frac{1.055\ kJ}{1\ Btu} = 1.50 \times 10^{-4}\ lb\ CO_2/Btu$$

$$\rho_{C_2H_5OH} = 0.276\ g/cm^3$$

= نسبت حرارت حاصل از احتراق به حجم سوخت

$1366.91\ kJ$	$1\ g\ mol\ C_2H_5OH$	$0.276\ g\ C_2H_5OH$	$3785 cm^3$
$g\ mol\ C_2H_5OH$	$46 g C_2H_5OH$	$1\ cm^3$	$1\ gal$

$$= 3.1 \times 10^4\ kJ/gal$$

(ب)

$$C_6H_6(l) + 15/2\ O_2(g) \rightarrow 6\ CO_2(g) + 3H_2O(l)$$

$$\Delta H_{rxn} = -\left(n_{H_2O}.\Delta\hat{H}^\circ_{C,H_2O} + n_{CO_2}.\Delta\hat{H}^\circ_{C,CO_2} - n_{O_2}.\Delta\hat{H}^\circ_{C,O_2} - n_{C_6H_6}.\Delta\hat{H}^\circ_{C,C_6H_6}\right)$$

$$\Delta H_{rxn} = -\left(3\times(0)+6\times(0)-\frac{15}{2}\times(0)-1\times(-3267.6)\right) = -3267.6\ kJ/g\ mol\ C_6H_6$$

= نسبت CO_2 منتشر شده به حرارت حاصل از احتراق

$1\ g\ mol\ C_6H_6$	$6\ g\ mol\ CO_2$	$44\ g\ CO_2$	$1\ lb$	$1.055\ kJ$
$3267.6\ kJ$	$1\ g\ mol\ C_6H_6$	$1\ g\ mol\ CO_2$	$454 g$	$1\ Btu$

$$= 1.88\ lb\ CO_2/Btu$$

$$\rho_{C_6H_6} = 0.879\ g/cm^3$$

= نسبت حرارت حاصل از احتراق به حجم سوخت

$-3267.6\ kJ$	$1\ g\ mol\ C_6H_6$	$0.879\ g$	$3785\ cm^3$
$1\ g\ mol\ C_6H_6$	$78\ g\ C_6H_6$	cm^3	$1\ gal$

$$= 13.94 \times 10^4\ kJ/gal$$

۱۰-۲-۲۴

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$$

مبنا : $1\ g\ mol\ H_2(g)$

$$\Delta H_{rxn} = -\left(n_{H_2O}.\Delta\hat{H}_{C,H_2O} - n_{H_2}.\Delta\hat{H}_{C,H_2} - n_{O_2}.\Delta\hat{H}^\circ_{C,O_2}\right)$$

$$\Delta H_{rxn} = -\left(1\times(0)-1\times(-285.84)+1/2\times(0)\right)$$

$$\Delta H_{rxn} = -285.84\ kJ$$

برای محاسبه اختلاف آنتالپی مواد ورودی و خروجی در دمای صفر با حالت مبنا از C_p و داده‌های موجود در پیوست استفاده می‌کنیم.

H_2:

$$C_p(H_2) = 28.84 + 0.765\times10^{-4}(T) + 0.3288\times10^{-5}(T)^2 - 0.8698\times10^{-9}(T)^3$$

$$\Rightarrow \Delta\hat{H}_{25°C}^{0°C}(H_2) = \int_{25}^{0} C_p dT \Rightarrow \Delta\hat{H}_{25°C}^{0°C}(H_2) = -0.721\ kJ/g\ mol$$

Scanned by CamScanner

$\Delta H_{25^\circ C}^{0^\circ C}(H_2) = -0.721$ kJ

O_2 :

$C_p(O_2) = 29.10 + 1.158\times10^{-2}(T) - 0.6076\times10^{-5}(T)^2 + 1.311\times10^{-9}\times(T)^3$

$\Rightarrow \Delta H_{25^\circ C}^{0^\circ C}(O_2) = \frac{1}{2}\int_{25}^{0} C_p\, dT \Rightarrow \Delta H_{25^\circ C}^{0^\circ C}(O_2) = -0.366$ kJ

آب را مایع در نظر می‌گیریم و مقادیر T را در محاسبه آنتالپی آب باید بر حسب کلوین باشد (همانطور که در جدول پیوست کتاب مشخص است).

H_2O :

$C_p(H_2O) = 18.2964 + 47.212\times10^{-2}(T) - 133.88\times10^{-5}(T)^2 + 1314.2\times10^{-9}(T)^3$

$\Rightarrow \Delta H_{25^\circ C}^{0^\circ C}(H_2O) = 1\times\int_{298}^{273} C_p\, dT = -1.863$ kJ

در نهایت خواهیم داشت:

$\Delta H = -1.863 - (-0.366 - 0.721) + (-285.84)$

$\Delta H = -286.62\ \text{kJ}/\text{g mol } H_2$

۲۵-۲-۱۰

$6.67\ CH_2O + 2.10\ O_2 \longrightarrow C_{3.92}H_{6.5}O_{1.94} + 2.75CO_2 + 3.42H_2O\ (l)$

$\Delta H_{rxn} = -[n_{H_2O}.\Delta\hat{H}_{C,H_2O} + n_{CO_2}.\Delta\hat{H}_{C,CO_2} + n_{cell}.\Delta\hat{H}_{C,cell} - n_{CH_2O}.\Delta\hat{H}_{C,CH_2O} - n_{O_2}.\Delta\hat{H}_{C,O_2}]$

$\Delta H_{rxn} = -[n_{H_2O}.\Delta\hat{H}_{C,H_2O} + n_{CO_2}.\Delta\hat{H}_{C,CO_2} + n_{cell}.\Delta\hat{H}_{C,cell} - n_{CH_2O}.\Delta\hat{H}_{C,CH_2O} - n_{O_2}.\Delta\hat{H}_{C,O_2}]$

$\Delta H_{rxn} = -1523\ \text{kJ}/\text{g mol cel}$

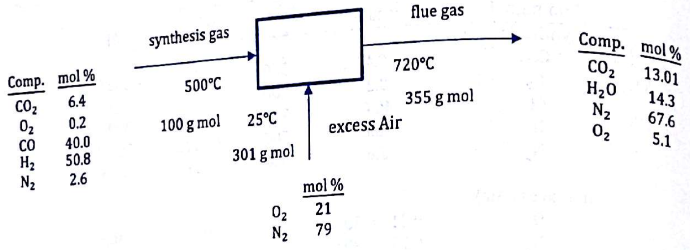
$Q = \frac{100\ \text{g cell}}{} \Big| \frac{1\ \text{g mol cell}}{84.58\ \text{g cell}} \Big| \frac{-1523\ \text{kJ}}{\text{g mol cell}} = -1.8\times10^4\ \text{kJ}$

بخش ۷-۳

۱-۳-۱۰

ابتدا به کمک دو موازنه مولی میزان جریان‌ها را به صورت زیر تعیین می‌کنیم.

مبنا: 100 g mol synthesis



$H_2:\ S\times x_{H_2}^S = F\times x_{H_2}^F$

$100\times0.508 = F\times0.143 \Rightarrow F = 355$ g mol

$N_2:\ S\times x_{N_2}^S + A\times x_{N_2}^A = F\times x_{N_2}^F$

$100\times0.026 + A\times0.79 = 355\times0.676 \Rightarrow A = 301$ g mol

برای محاسبه گرمای احتراق ابتدا گرمای احتراق در دمای مبنا (25°C) را تعیین می‌کنیم.

در اینجا دو واکنش رخ می‌دهد که گرمای مربوط به هر یک را محاسبه کرده و سپس با هم جمع می‌کنیم.

$$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$$

$\Delta H_{rxn} = -\left(n_{CO_2}.\Delta\hat{H}_{C,CO_2} - n_{CO}.\Delta\hat{H}_{C,CO} - n_{O_2}.\Delta\hat{H}_{C,O_2}\right)$

$\Delta H_{rxn} = -\left(40\times(0) - 40\times(-282.99) - \frac{40}{2}\times(0)\right)$

$\Delta H_{rxn} = -11319.6$ kJ

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$$

$\Delta H_{rxn} = -\left(n_{H_2O}.\Delta\hat{H}_{C,H_2O} - n_{H_2}.\Delta\hat{H}_{C,H_2} - n_{O_2}.\Delta\hat{H}_{C,O_2}\right)$

$\Delta H_{rxn} = -\left(50.8\times(0) - 50\times8\times(-285.84) - \frac{50.8}{2}\times(0)\right)$

$\Delta H_{rxn} = -14520.7$ kJ

$\Delta H_{rxn}(\text{Total}) = (-11319.6) + (-14520.7) = -25840.3$ kJ

Scanned by CamScanner

سپس آنتالپی جریان‌های ورودی و خروجی را با توجه به دما و ترکیب هر یک بـه کمـک CD همـراه کتـاب محاسـبه می‌کنیم.

Compound	g mol	T(°C)	$\Delta H^T_{25^\circ C}$	ΔH
in (synthesis gas)				
CO_2	6.4	500	20.996	−2384.06
O_2	0.2	500	14.783	2.96
CO	40.0	500	14.690	−3834.04
H_2	50.8	500	13.826	702.36
N_2	2.6	500	14.422	37.55
In (excess Air)				
O_2	0.21 × 301	25	0.0	0.0
N_2	0.79 × 301	25	0.0	0.0
			Total	−5478.19
Out (flue gas)				
CO_2	0.13 × 355	720	32.006	−16773.55
H_2O	0.143 × 355	720	25.738	10957.66
N_2	0.676 × 355	720	21.478	5154.29
O_2	0.051 × 355	720	22.164	401.33
			Total	−22175.59

و در نهایت:

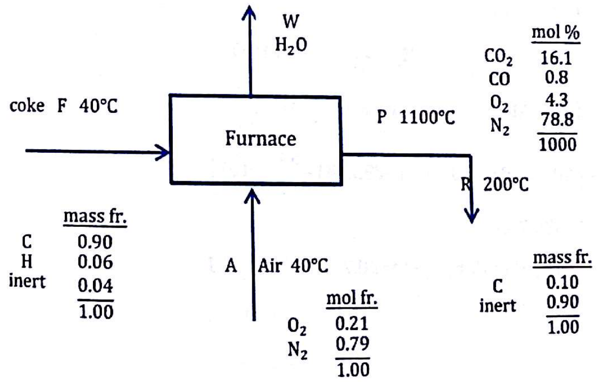
$$\Delta H = (-22175.59) - (-5478.19)$$

$$\Delta H = -16697.4 \text{ kJ}$$

۱۰-۳-۲

حالت پایدار، فرآیند باز $T_{ref} = 25°C$

مبنا: 100 g mol P



اطلاعات از موازنه جرم و CD بدست می‌آیند.

C_p(J/g mol)(°C)	
H	20.8
C	14.3

Comp.	Percent (g)	g mol	T(°C)	$\Delta \hat{H}^\circ_r$(kJ/g mol)	$\Delta \hat{H}_{sensible}$(kJ/gmol)	ΔH(kJ)
In F (214.8 g) solid						
C	90.0	16.11	40	–	0.214	3.456
H	6.0	12.79	40	–	0.312	3.991
Inert	4.0	–	40	–	ignore	–
	100.0	28.90				
In air (99.7 g mol)						
O_2		20.94	40	–	0.442	9.255
N_2		78.76	40	–	0.436	34.339
		99.70				43.595
Out in P (g)						
CO_2		16.1	1100	−393.505	24.744	−5937.05
CO		0.8	1100	−110.541	25.032	−68.41
O_2		4.3	1100	–	26.209	112.70
N_2		78.8	1100	–	38.891	3064.59
		100.0				−2828.17
Water out (g)		6.80	1100	−241.826	30.174	205.18
Refuse		10 g	200	–	1.488 per g	14.88

$$Q = \Delta H = (-2828.17 + 205.18 + 14.88) - (7.447 + 43.595) = \boxed{-2659.2 \text{ kJ}}$$

(گرما خارج می‌شود)

۱۰-۳-۳

ابتدا تغییر آنتالپی کلسیم کلرید شش آبه از 68°F تا 86°F را محاسبه می‌کنیم.

$T_1 = 68°F\ (20°C)$

$T_2 = 86°F\ (30°C)$

Scanned by CamScanner

$$\Delta\hat{H}_{20^\circ C}^{30^\circ C} = \int_{20}^{30} Cp\,dT = Cp\,(T_2 - T_1)$$

$$\Delta\hat{H}_{20^\circ C}^{30^\circ C} = \frac{1.34\,(J)}{(^\circ C)(g)} \Big| (30-20)^\circ C \Big| \frac{219\text{ g }CaCl_2.6H_2O}{1\text{ g mol }CaCl_2.6H_2O} \Big| \frac{1\text{ kJ}}{1000\text{ J}}$$

$$\Rightarrow \Delta\hat{H}_{20^\circ C}^{30^\circ C} = 2.93\ \text{kJ/g mol}$$

سپس گرمای واکنش را محاسبه می‌کنیم. از آنجاییکه واکنش در دمای $20^\circ C$ انجام می‌شود باید مقادیر اختلاف آنتالپی مواد ورودی و خروجی با حالت مبنا را محاسبه کرد.

$$CaCl_2.6H_2O \xrightarrow{20^\circ C} CaCl_2.2H_2O + 4H_2O$$

$$\Delta\hat{H}_{rxn}(25^\circ C) = n_{H_2O}.\Delta\hat{H}^\circ_{f,H_2O} + n_{dihydrate}.\Delta\hat{H}^\circ_{f,dihydrate} - n_{hexahydrate}.\Delta\hat{H}^\circ_{f,hexahydrate}$$

$$\Delta\hat{H}_{rxn}(25^\circ C) = 4\times(-241.826) + 1\times(-1402.90) - 1\times(-2607.89)$$

$$\Delta\hat{H}_{rxn}(25^\circ C) = 237.7\ \text{kJ/g mol}$$

$$\Delta\hat{H}_{out\,put}(25^\circ C) = \Delta H_{H_2O}(20^\circ C) + \Delta H_{dihydrot}(20^\circ C)$$

ΔH_{H_2O} در دمای $20^\circ C$ را به کمک CD همراه کتاب به دست می‌آوریم.

$$\Delta\hat{H}_{H_2O}(20^\circ C) = -0.167\ \text{kJ/g mol}$$

$$\Delta\hat{H}_{H_2O}(20^\circ C) = \frac{4\text{ g mol }H_2O}{1\text{ g mol hexahydrate}} \Big| \frac{-0.167\text{ kJ}}{\text{g mol }H_2O} = -0.668\ \text{kJ/g mol}$$

$$\Delta\hat{H}_{dihydrate}(20^\circ C) = \int_{25^\circ C}^{20^\circ C} C_{p,\,dihydrate}\,dT$$

$$= \frac{0.97(J)}{(g)(^\circ C)} \Big| (20-25)^\circ C \Big| \frac{147\text{ g dihydrate}}{1\text{ g mol dihdrate}} \Big| \frac{1\text{ g mol dihydrate}}{1\text{ g mol hexahydrat}}$$

$$\Rightarrow \Delta\hat{H}_{dihydrate}(20^\circ C) = -713\ \text{J/g mol} = -0.713\ \text{kJ/g mol}$$

در نهایت، آنتالپی هگزا هیدرات را در دمای $20^\circ C$ محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta\hat{H}_{hexahydrate}(20^\circ C) = \int_{25^\circ C}^{20^\circ C} C_{P,\,hexa\,hydrate}\,dT$$

$$= \frac{1.34\text{ J}}{(g)(^\circ C)} \Big| (20-25)^\circ C \Big| \frac{219\text{ g hexa hedrete}}{1\text{ g mol hexa hedrate}} = -1467\ \text{J/g mol}$$

$$\Delta\hat{H}_{hexahydrate}(20^\circ C) = -1.467\ \text{kJ/g mol}$$

سپس، مقدار آنتالپی واکنش در دمای $20^\circ C$ را محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta\hat{H}_{rxn}(20^\circ C) = \overbrace{(-0.167)+(-0.713)}^{out\ put} - \overbrace{(-1.467)}^{in\ put} + 237.7$$

$$\Delta\hat{H}_{rxn} = 238.3\ \text{kJ/g mol}$$

$$\Delta\hat{H}_{Total} = \Delta H_{20^\circ C}^{30^\circ C} + \Delta H_{rxn}$$

$$\Delta\hat{H}_{Total} = 2.93 + 238.3 = 241.23\ \text{kJ/g mol}$$

$$n_{hexahydrate} = \frac{200{,}000\text{ Btu}}{} \Big| \frac{1.055\text{ kJ}}{1\text{ Btu}} \Big| \frac{1\text{ g mol hexahydrate}}{241.23\text{ kJ}}$$

$$n_{hexahydrate} = 874.7\text{ g mol}$$

بخش ۱۰-۴

۱۰-۴-۱

(الف) به کمک معادله دولانگ مقدار HHV را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم.

$$HHV = 14544\,C + 62028\left(H - \frac{O}{8}\right) + 4050\,S$$

$$HHV = 14544\,(0.80) + 62028\left(0.0003 - \frac{0.005}{8}\right) + 4050(0.006)$$

$$HHV = 11640\ \text{Btu/lb}$$

مبنا: 1000 g Coal

$$HHV = \frac{100\text{ g Coal}}{} \Big| \frac{11640\text{ Btu}}{\text{lb}} \Big| \frac{1\text{ lb}}{454\text{ g}} \Big| \frac{1.055\text{ kJ}}{1\text{ Btu}} = 27051.9\,\text{kJ}$$

سپس، باید تعداد مول‌های تشکیل شده آب را محاسبه کرد. برای این کار باید تعداد مول‌های H_2 موجود در زغال سنگ را محاسبه کرد.

Scanned by CamScanner

$$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$$

$$n_{H_2O}=\frac{1000\text{ g Coal}}{}\left|\frac{0.3\text{ g }H_2}{100\text{ g Coal}}\right|\frac{1\text{ g mol }H_2}{2\text{ g }H_2}\left|\frac{1\text{ g mol}H_2O}{1\text{ g mol }H_2}\right.=1.5\text{g mol }H_2O$$

با توجه به شکل کتاب مقدار ΔH°_{vap} آب در $25°C$ و 1 atm برابر $44.0\text{ kJ}/\text{g mol}$ می‌باشد.

به کمک رابطه موجود بین HHV و LHV مقدار LHV را محاسبه می‌کنیم.

$$LHV = 27051.9-\frac{1.5\text{ g mol }H_2O}{}\left|\frac{44.0\text{kJ}}{1\text{ g mol }H_2O}\right.=26985.9\text{ kJ}$$

(ب)

$$HHV = 17887 + 57.5^{\circ}\text{ API} - 102.0\ (\%\ S)$$

$$HHV = 17887 + 57.5\ (30) - 102.0\ (0.5)$$

$$HHV = 19560\ \text{Btu}/\text{lb}$$

و برای محاسبه LHV این بار به روش دیگری که در کتاب درسی آمده عمل می‌کنیم.

$LHV = HHV - 91.23 \times$ (درصد وزنی کل H)

$$LHV = 19560 - 91.23 \times (12.05)$$

$$LHV = 18460\ \text{Btu}/\text{lb Coal}$$

۱۰-۴-۲

بله، اگر در سیستم آب وجود نداشته باشد.

۱۰-۴-۳

هیدروژن و اکسیژن در $0°C$ وارد و محصولات نیز در $0°C$ خارج می‌شوند. دمای مرجع $25°C$ است.

$$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$$

$$\Delta H_{rxn}(0°C)=\sum \Delta H_{Products}-\sum \Delta H_{Reactants}$$

$$\sum \Delta H_{Products}=(-285.83)+\int_{25°C}^{0°C}\frac{4.184\text{ J}}{(g)(°C)}\left|\frac{18\text{ g }H_2O}{\text{g mol}}\right.dT$$

$$=-287.71\text{ kJ}$$

روش دیگر بدست آوردن $\sum \Delta H$ استفاده از جداول بخار است. واکنشگرها گازند، از اینرو، ΔH را می‌توان از جداول بدست آورد.

$$\sum \Delta H_{Reactants}=(0+0)+(1)\int_{25°C}^{0°C}(28.84+0.00765\times 10^{-2}T)dT$$

$$+\left(\frac{1}{2}\right)\int_{25°C}^{0°C}(29.10+1.158\times 10^{-2}T)dT=-1.45\text{ kJ}$$

$$\Delta H_{rxn}(0°C)=-287.71-(-1.45)=-286.26\text{ kJ}$$

۱۰-۴-۴

CH_4	1.9%	C_2H_4	0.4%
H_2	15.6%	CO_2	9.2%
CO	20.9%	N_2	52%

N_2 و CO_2 با اکسیژن واکنش نمی‌دهند (نمی‌سوزند) بنابراین فقط واکنش احتراق بقیه اجزاء را می‌نویسیم. ضمناً چون ارزش حرارتی ناخالص خواسته شده است، در محصولات احتراق آب را به شکل مایع در نظر می‌گیریم.

$$CH_4(g)+2O_2(g)\longrightarrow CO_2(g)+2H_2O(l)$$

$$\Delta\hat{H}^{\circ}_{rxn}=\left(\Delta\hat{H}^{\circ}_{c}\right)_{CH_4}=-890.4\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}$$

$$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\longrightarrow H_2O(l)$$

$$\Delta\hat{H}^{\circ}_{rxn}=\left(\Delta\hat{H}^{\circ}_{c}\right)_{H_2}=-285.84\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}$$

$$CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\longrightarrow CO_2(g)$$

$$\Delta\hat{H}^{\circ}_{rxn}=\left(\Delta\hat{H}^{\circ}_{c}\right)_{CO}=-282.99\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}$$

$$C_2H_4(g)+3O_2(g)\longrightarrow 2CO_2(g)+2H_2O(l)$$

$$\Delta\hat{H}^{\circ}_{rxn}=\left(\Delta\hat{H}^{\circ}_{c}\right)_{C_2H_4}=-1410.99\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}$$

$$\Delta\hat{H}^{\circ}_{rxn}=\left(-890.4\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)16+\left(-285.84\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)2$$

$$+\left(-282.99\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)28+\left(-1410.99\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)26$$

$$\Delta\hat{H}^{\circ}_{rxn}=HHV=-5.94\times 10^{4}\text{ kJ}$$

Scanned by CamScanner

۱۰-۴-۵

$T = 25°C$, $\Re\mathcal{H} = 40\%$

$p = 1 atm = 101.3 kPa$, $V = 1 m^3 = 10^6 cm^3$

ابتدا تعداد کل مول‌های مخلوط نرمال پروپیل بنزن و آب را به دست می‌آوریم:

$$pV = nRT \longrightarrow n_T = \frac{pV}{RT} = \frac{(1 atm)(10^6 cm^3)}{\left(82.06\frac{(cm^3).(atm)}{(g mol).(K)}\right)(298.15 K)}$$

$= 40.87$ g mol

از جدول بخار آب اشباع:

$T = 25°C \longrightarrow p^*_w = 3.166$ kPa

$\frac{p_w}{p^*_w} = 0.4 \longrightarrow p_w = (0.4)(3.166) = 1.2664 kPa$

$\frac{n_w}{n_T} = \frac{p_w}{p_T} \longrightarrow n_w = (40.87)\left(\frac{1.2664}{101.3}\right)$

$n_w = 0.511$ g mol

$n_T = n_w + n_{PB} \longrightarrow n_{PB} = 40.359$ g mol (n_{PB} : تعداد مول‌های پروپیل بنزن)

الف)

$$C_6H_5 - C_3H_7 + O_2(g) \longrightarrow 9CO_2(g) + 6H_2O(l)$$

$\Delta\hat{H}_a = \Delta\hat{H}^\circ_{rxn} = -5218.2 \frac{kJ}{g mol}$

ب)

$$H_2O(g) \longrightarrow H_2O(l)$$

$\Delta\hat{H}^\circ_b = (-285.84) + (241.826) = -44.01 \frac{kJ}{g mol}$

حال می‌توان نوشت:

$$\Delta H^\circ = (40.359 g mol)\left(-5218.2 \frac{kJ}{g mol}\right) + \left(-44.01 \frac{kJ}{g mol}\right) = -210623.82 kJ \ (0.511 g mol)$$

۱۰-۴-۶

Component	Vol % (mol %)	MW
Methane	88	16.041
Ethane	6	30
Propane	4	44
Butane	2	58

(a) $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

$\Delta H^\circ_{rxn} = \left(\Delta\hat{H}^\circ_c\right)_{CH_4} = -890.4 \frac{kJ}{g mol}$

(b) $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$

$\Delta H^\circ_{rxn} = \left(\Delta\hat{H}^\circ_c\right)_{C_2H_6} = -1559.9 \frac{kJ}{g mol}$

(c) $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$

$\Delta H^\circ_{rxn} = \left(\Delta H^\circ_c\right)_{C_3H_8} = -2220 \frac{kJ}{g mol}$

(d) $C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2}O_2(g) \longrightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(l)$

$\Delta H^\circ_{rxn} = \left(\Delta H^\circ_c\right)_{C_4H_{10}} = -2878.52 \frac{kJ}{g mol}$

برای انجام محاسبات لازم است جرم مولکولی متوسط گاز را به دست آوریم:

$$\overline{MW} = (0.88 \times 16.041) + (0.06 \times 30) + (0.04 \times 44) + (0.02 \times 58) = 18.836 \ {}^{lb}\!/_{lb\,mol}$$

(الف)

$$\Delta\hat{H}^\circ = \left(-890.4\frac{kJ}{g mol}\right)(0.88) + \left(-1559.9\frac{kJ}{g mol}(0.06)\right) + \left(-2220\frac{kJ}{g mol}\right)(0.04) + (-2878.52)(0.02) = -1023.52 \frac{kJ}{g mol}$$

قسمت اول:

$$\frac{-1023.52 kJ}{g mol}\left|\frac{10^3 J}{1 kJ}\right|\frac{1 Btu}{1055 J}\left|\frac{454 g mol}{1 lb mol}\right. = -440436 \frac{Btu}{lb mol}$$

قسمت دوم:

Scanned by CamScanner

$$\frac{-440436 \text{ Btu}}{\text{lb mol}}\left|\frac{1 \text{ lb mol}}{18.836 \text{ lb}}\right.=-23382\frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

قسمت سوم:

$$pV=RT \longrightarrow V=\frac{RT}{P}=\frac{10.73\dfrac{(\text{psia}).(\text{ft}^3)}{(\text{lb mol}).(^\circ\text{R})}\times 520^\circ\text{R}}{14.7 \text{ psia}}=379.56\frac{\text{ft}^3}{\text{lb mol}}$$

$$\frac{-440436 \text{ Btu}}{\text{lb mol}}\left|\frac{1 \text{ lb mol}}{379.56 \text{ ft}^3}\right.=-1160\frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3}$$

ب) برای محاسبه ارزش حرارتی پائین (خالص یا LHV) باید فرض کنیم آب در محصولات حاصل از واکنش بصورت بخار می‌باشد.

$$H_2O(l)\longrightarrow H_2O(g) \quad , \quad \Delta H=+44.01\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}$$

a) $CH_4(g)+2O_2(g)\longrightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)$

$$\Delta H^\circ_{rxn}=\Delta\hat{H}^\circ_c+n_{H_2O}.(\Delta H_{vap})_{H_2O}$$

$$\Delta H^\circ_{rxn}=\left(-890.4\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)+2\left(44.01\ \text{kJ}/\text{g mol}\right)=-802.38\frac{\text{kJ}}{\text{g mol }CH_4}$$

b) $C_2H_6(g)+\frac{7}{2}O_2(g)\longrightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(g)$

$$\Delta H^\circ_{rxn}=\left(-1559.9\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)+3\left(44.01\ \text{kJ}/\text{g mol}\right)=-1427.87\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}C_2H_6}$$

c) $C_3H_8(g)+5O_2(g)\longrightarrow 3CO_2(g)+4H_2O(g)$

$$\Delta H^\circ_{rxn}=\left(-220\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)+4\left(44.01\ \text{kJ}/\text{g mol}\right)=-2044\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}C_3H_8}$$

d) $C_4H_{10}(g)+\frac{13}{2}O_2(g)\longrightarrow 4CO_2+5H_2O(l)$

$$\Delta H^\circ_{rxn}=\left(-2878.52\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)+5\left(44.01\ \text{kJ}/\text{g mol}\right)=-2658.47\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}C_4H_{10}}$$

$$\Delta\hat{H}^\circ=\left(-802.38\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)(0.88)+\left(-1427.87\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)(0.06)$$

$$+\left(-2044\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)(0.04)+\left(-2658.47\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}\right)(0.02)=-926.696\frac{\text{kJ}}{\text{g mol}}$$

قسمت اول:

$$\frac{-926.696 \text{ kJ}}{\text{g mol}}\left|\frac{10^3 \text{ J}}{1 \text{ kJ}}\right|\frac{1 \text{ Btu}}{1055 \text{ J}}\left|\frac{454 \text{ g mol}}{1 \text{ lb mol}}\right.=-398787\frac{\text{Btu}}{\text{lb mol}}$$

قسمت دوم:

$$\frac{-398787 \text{ Btu}}{\text{lb mol}}\left|\frac{1 \text{ lb mol}}{18.836 \text{ lb}}\right.=-21172\frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

قسمت سوم:

$$\frac{-398787 \text{ Btu}}{\text{lb mol}}\left|\frac{1 \text{ lb mol}}{379.56 \text{ ft}^3}\right.=-1051\frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3}$$

۱۰-۴-۷

$$1\text{ g }(\text{Fuel یا Food})+O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+H_2O(l)+N_2(g)$$

واکنش دهنده‌ها و محصولات در شرایط 25°C و 1 atm قرار دارند.

$$\Delta H_C=(17.1)(28)+(39.5)(10)+(14)(4)=930 \text{ kJ}$$

$$\frac{220 \text{ Calories}}{}\left|\frac{1000 \text{ Calories}}{1 \text{ Calories}}\right|\frac{4.184 \text{ J}}{1 \text{ calorie}}\left|\frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}}\right.=921 \text{ kJ}$$

مقادیر به اندازه کافی نزدیکند.

۱۰-۴-۸

هنگامی که محصولات حاصل از احتراق تک جزیی باشد.

۱۰-۴-۹

مبنا: 1 lb مخلوط

اطلاعات ΔH_c برحسب Btu/lb باشد.

Component	Mass fr., ω_i	ΔH_c(Btu/lb)	ΔH (Btu)	Basis 1200 lb
Hexachloroethane, C_2Cl_6	0.0487	828	40	58.44
Tetracholoroethane, C_2Cl_4	0.0503	2141	108	60.36
Chlorobenzene, C_6H_5Cl	0.2952	11,876	3,506	354,24
Toluene, C_7H_8	0.6058	18,246	11,053	726.96
کل	1.000		14,707	1200.00

Scanned by CamScanner

از اطلاعات گرمای احتراق مقدار Btu/lb برابر 14707 است. میزان خطا از 15200 برابر 3.2% است. برای معادله دولانگ، عناصر اجزاء نیاز است.

مبنا: 1200 lb						
	C	H	Cl	O	MW	Total (lb)
C_2Cl_6	24	0	213	0	237.00	
ω_i	0.10	0.00	0.90	0.00		
lb	5.84	0.00	52.60	0.00		58.44
C_2Cl_4	24	0	142	0	166.00	
ω_i	0.14	0.00	0.86	0.00		
lb	8.45	0.00	51.91	0.00		60.36
C_6H_8Cl	72	5	35.5	0	112.50	
ω_i	0.64	0.04	0.32	0.00		
lb	226.71	14.17	113.36	0.00		354.24
C_7H_8	84	8	0	0	9200	
ω_i	0.91	0.09	0.00	0.00		
lb	661.53	65.43	0.00	0.00		726.91
Total	902.53	79.60	217.87	0		1200
ω_i	0.75	0.07	0.18	0		1.00

$HHV = 14{,}455C + 62{,}028H - 7753.5O_2 + 4050\,S$

$= (14{,}455)(0.75) + (62{,}028)(0.07)$

$= \boxed{15{,}183}$ Btu/lb (HHV) 0.11% انحراف بازده

۱۰-۴-۱۰

$$C_2H_5OH + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l) \quad (1)$$

$$C_8H_{18}(l) + 12.5O_2(g) \rightarrow 8CO_2(g) + 9H_2O(l) \quad (2)$$

$$\Delta H_{rxn} = -\left[\sum_{Products} n_i\Delta\hat{H}^{\circ}_{c,i} - \sum_{Reactants} n_i\Delta\hat{H}^{\circ F}_{c,i}\right]$$

برای واکنش (۱):

$-[(2)(0) + (3)(0) - (3)(0) - (1)(-1366.91)] = -1366.91$ kJ/g mol C_2H_5OH

برای واکنش (۲):

$-[(8)(0) + (9)(0) - (12.5)(0) - (-1307.53)(4.184)]$

$= -5470.71$ kJ/g mol C_8H_{18}

نکته: مقدار $\Delta\hat{H}_c$ برای نرمال اکتان مایع در هندبوک پری موجود است.

مبنا: یک کیلوگرم gasohol

Comp.	wt%	MW	g mol	$\Delta\hat{H}$ (kJ)
C_2H_5OH	0.10	46.05	2.17	−2966
C_8H_{18}	0.90	114.14	7.89	−43137
کل	1.00			−46103

اگر همه سوخت نرمال اکتان باشد، آنگاه:

$$\frac{1\text{ kg octane}}{}\Big|\frac{1\text{ kg mol octane}}{114.14\text{ kg octane}}\Big|\frac{1000\text{ g}}{1\text{ kg}}\Big|\frac{-5470.71\text{ kJ}}{\text{g mol octane}} = -47930\text{ kJ}$$

$$\frac{-47930 - (-46103)}{-47930}(100) = 3.8\%$$

فصل یازدهم

منحنی‌های رطوبت سنجی و کاربرد آن‌ها

بخش ۱۱-۱

۱۱-۱-۱

مبنا: گاز مطرح شده در مسأله

$$0.03=\frac{p_{H_2O}}{p_{Tot}-p_{H_2O}}=\frac{p_{H_2O}}{101.6-p_{H_2O}} \Rightarrow p_{H_2O}=2.96\ kPa$$

$$p^{*}_{H_2O}\ @\ 60°C=19.9\ kPa$$

$$\text{رطوبت \%}=100\left(\frac{2.96}{19.9}\right)\left[\frac{101.6-19.9}{101.6-2.96}\right]=12.2\%$$

(الف) رطوبت نسبی

$$(100)\left(\frac{2.96}{19.9}\right)=14.9\%$$

(ب) نقطه شبنم در جاییکه $p^{*}_{H_2O}=2.96\ kPa$ یا $T=24°C$ اتفاق می‌افتد.

۱۱-۱-۲

$$@\ 27°C\ ,\ p^{*}_{H_2O}=3.52\ kPa$$

فشار بخار واقعی آب از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$p=\frac{nRT}{V}=\left(\frac{0.636}{18.01}\right)(8.314)(300)\left(\frac{1}{28}\right)=3.15\ kPa$$

$$\text{رطوبت نسبی}=100\left(\frac{3.15}{3.52}\right)=89\%$$

۱۱-۱-۳

$$@\ 80°F\ ,\ p^{*}_{H_2O}=0.5067\ psia$$

$$@\ 40°F\ ,\ p^{*}_{H_2O}=0.1217\ psia$$

$$@\ 58°F\ ,\ p^{*}_{H_2O}=0.2384\ psia$$

$$\text{رطوبت نسبی}=100\left(\frac{0.1217}{0.5067}\right)=24\%$$

تا زمانیکه هوا اشباع کامل نشود، جزء مولی بخار آب ثابت است.

$$y_{H_2O}=\frac{0.1217}{14.7}=8.3\times10^{-5}$$

$$@\ 2\ atm\ ,\ p_{H_2O}=p_{tot}y_{H_2O}=(14.7)(2)\left(\frac{0.1217}{14.7}\right)=0.2437\ psia$$

$\frac{0.2437}{0.2384}>1 \Rightarrow$ آب کندانس می‌شود

پس، رطوبت 100% است.

۱۱-۱-۴

$$T=140°F\ ;\ p^{*}=5.878\ in\ Hg$$

$$p=30\ in\ Hg$$

$H=0.03\ mol\ H_2O/mol\ BDA \Rightarrow 1\ mol\ BDA$: مبنا

$$\frac{mol\ H_2O}{mol\ H_2O+BDA}=\frac{0.03}{0.03\mathcal{H}}=0.0291=y_{H_2O}$$

$$p_{H_2O}=30(0.291)=0.874\ in\ Hg$$

$$p_{air}=30(1-0.291)=29.13\ in\ Hg$$

(الف)

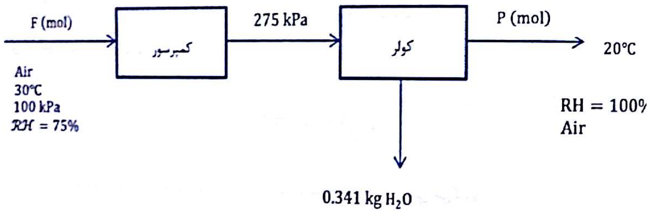
$$\text{رطوبت نسبی}=100\left(\frac{0.874}{5.878}\right)=14.9\%$$

(ب)

$$p^{*}=0.874\ in\ Hg\cong 75°F$$

۱۱-۱-۵

$p_{tot}=275\ kPa$



ورودی : $p^{*}_{H_2O}=0.6153\ psia\equiv4.241\ kPa$

خروجی : $p^{*}_{H_2O}=0.3388\ psia\equiv2.34\ kPa$

ورودی : $p_{H_2O}=4.241\ (0.75)\equiv3.18\ kPa$

Scanned by CamScanner

کل مجموعه را سیستم در نظر می‌گیریم:

مبنا : 0.341 kg آب (یا $\left(\frac{0.341}{18}\text{ kg mol}\right)$)

مجهولات: F و P

موازنه‌ها: H_2O و air

موازنه‌ها برحسب kg mol:

$$\text{کلی}: \; F = p + \frac{0.341}{18}$$

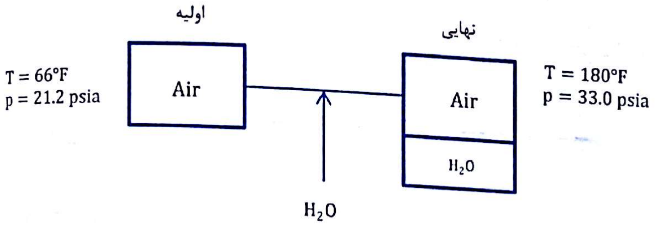
$$\text{آب}: \; F\left(\frac{3.18}{100}\right) = \frac{0.341}{18} + P\left(\frac{2.34}{275}\right)$$

$$\text{هوا}: \; F\left(\frac{100-3.18}{100}\right) = P\left(\frac{275-2.34}{275}\right)$$

$$\Rightarrow F = 0.804 \text{ kg mol}$$

$$V = \frac{0.804 \text{ kg mol} \;|\; 8.314 \;|\; 303}{100} = 20.3 \text{ m}^3$$

۱۱-۱-۶



مبنا: هوا در T = 66°F و 21.2 psia

فرض کنید حجم ثابت باشد.

(الف) اولیه:

$$p_{air}V = n_{air}RT_{66°F}$$

نهایی:

فرض می‌کنیم همه آب تبخیر شود، پس از انجام محاسبات صحت فرض را بررسی می‌کنیم.

$$p_{air,\text{اولیه}} + p_{H_2O} = p_t \quad \Rightarrow \quad p_{air,\text{نهایی}} = p_t - p_{H_2O}$$

موازنه جرم:

همه هوای اولیه = هوای نهایی

$$\frac{p_{air,\text{اولیه}}}{p_t - p_{H_2O}} = \frac{66+460}{180+460} = \frac{526}{640} = \frac{21.2}{33 - p_{H_2O}}$$

$$p_{H_2O} = 7.20 \text{ psia}$$

از آنجاییکه $p^* = 7.51$، تمام آب می‌تواند بخار شود و هوا اشباع نخواهد شد.

(ب)

مبنا: 1 lb H_2O (0.0555 lb mol H_2O)

در شرایط نهایی:

$$\frac{p_{H_2O}}{p_t} = \frac{7.20}{33} = \frac{n_{H_2O}}{n_t} = \frac{0.0555}{n_t} \quad \Rightarrow \quad n = 0.254 \text{ lb mol}$$

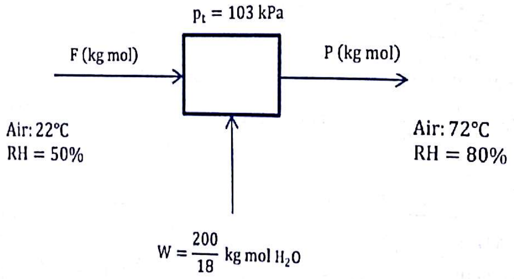
$$V = \frac{nRT}{p} = (0.254)\left(\frac{10.73}{33.0}\right)(640) = 53.0 \text{ ft}^3$$

(ج)

$$n_{air} = 0.254 - 0.0555 = 0.1985 \text{ lb mol}$$

$$\frac{1 \text{ lb } H_2O}{0.1985\,(29)} = \frac{0.17 \text{ lb } H_2O}{\text{lb air}}$$

۱۱-۱-۷



اطلاعات مربوط به p^* از جداول بخار:

T (°C)	p* (kPa)
22°C (295 K)	2.622
72°C (345 K)	33.77

ورودی:

$$p_{H_2O} = 50(2.60) = 1.31 \text{ kPa}$$

$$p_{air} = 103 - 1.31 = 101.69 \text{ kPa}$$

خروجی:

$$p_{H_2O} = 0.80(33.77) = 27.02 \text{ kPa}$$

Scanned by CamScanner

$p_{air} = 103 - 27.0 = 76.0$ kPa

مبنا: $W = 200$ kg H_2O (1 hr)

مجهولات: F و p

موازنه‌ها: H_2O و air

در این فرآیند پایدار هیچگونه واکنشی روی نمی‌دهد.

موازنه	ورودی	خروجی
H_2O	$F\left(\frac{1.31}{103}\right) + \left(\frac{200}{18}\right)(1)$	$p\left(\frac{27.0}{103}\right)$
Air	$F\left(\frac{101.69}{103}\right)$	$p\left(\frac{76}{103}\right)$

بنابراین:

$F = 32.45$ kg mol

$P = 32.43$ kg mol

۱۱-۱-۸

(الف)

ورودی

$$\frac{0.30}{0.99324}$$

p^* at 26.8°C = 26 mm Hg

$$\text{Rel. Humidity} = \frac{p}{p^*} = \frac{5 \text{ mm Hg}}{26 \text{ mm Hg}}(100)$$

$\boxed{= 19.2\%}$

خروجی

$$\frac{1.10}{0.9757}$$

p^* at 21.0°C = 19 mm Hg

$$\text{Rel. Humidity} = \frac{p}{p^*} = \frac{18 \text{ mm Hg}}{19 \text{ mm Hg}}(100)$$

$\boxed{= 94.8\%}$

(ب)

ورودی

$$\text{Vol fr.} = \frac{V}{V_{tot}} = \frac{p}{p_{tot}}$$

$$H_2O: \frac{5 \text{ mm Hg}}{740 \text{ mm Hg}}(100) = 0.676\%$$

Air: $100 - 0.076$ $\boxed{= 99.324\%}$

خروجی

$$\text{Vol fr.} = \frac{p}{p_{tot}}$$

$$H_2O: \frac{18 \text{ mm Hg}}{740 \text{ mm Hg}}(100) = 2.43\%$$

Air: $100 - 2.43$ $\boxed{= 97.57\%}$

(ج)

ورودی

مبنا: 1 lb mol at 80°F, 740 mm Hg

Vol% = mol%

	lb	wt%
H_2O: (0.00676)(18)	0.12	0.4
Air: (99.324)(29)	28.80	99.6
	28.92	100.0

خروجی

مبنا: 1 lb mol at 70°F, 740 mm Hg

	lb	wt%
H_2O: (0.0243)(18)	0.44	1.53
Air: (0.9757)(29)	28.30	98.47
	28.74	100.00

(د)

ورودی

مبنا: 1 lb mol at 80°F, 740 mm Hg

Actual $p_{vap} = 5$ mm Hg

$p_{vapor-free\ air} = 740 - 5 = 735$ mm Hg

$$\text{رطوبت} = \frac{\text{g mol } H_2O}{\text{g mol dry air}} \Big| \frac{18 \text{ g}}{1 \text{ g mol } H_2O} \Big| \frac{1 \text{ g mol dry air}}{29 \text{ g}}$$

$$\frac{n_{H_2O}}{n_{dry\ air}} = \frac{p_{H_2O}}{p_{dry\ air}}$$

$$\text{رطوبت} = \frac{5}{735} \Big| \frac{18}{29} = 4.22 \times 10^{-3} \frac{\text{g } H_2O}{\text{g dry air}}$$

خروجی

مبنا: 1 lb mol at 70°F, 740 mm Hg

Actual $p_{vap} = 18$ mm Hg

$p_{vapor-free\ air} = 740 - 18 = 722$ mm Hg

$$\frac{18}{722} \Big| \frac{18}{29} = 0.0155 \frac{\text{g } H_2O}{\text{g dry air}}$$

(هـ)

مبنا: 1000 ft^3 از مخلوط @ 740 mm Hg and T

ورودی

Vol % H_2O = 0.676%

Vol H_2O = (0.00676)(1000 ft^3) = 6.67 ft^3

@ 26.8°C and 740 mm Hg

$$\frac{6.76 \text{ ft}}{} \Big| \frac{1 \text{ lb mol}}{359 \text{ ft}^3} \Big| \frac{492°R}{540°R} \Big| \frac{740 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg}} \Big| \frac{18 \text{ lb}}{\text{lb mol}}$$

$\boxed{\begin{array}{c} = 1.30 \text{ lb } H_2O/1000 \text{ ft}^3 \\ \text{at 80°F and 740 mm Hg} \end{array}}$

خروجی

Vol % H_2O = 2.43%

Vol H_2O = (0.0243)(1000 ft^3) = 24.3 ft^3

@ 21.0°C and 740 mm Hg

$$\frac{24.3 \text{ ft}}{} \Big| \frac{1 \text{ lb mol}}{359 \text{ ft}^3} \Big| \frac{740 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg}} \Big| \frac{492°R}{530°R} \Big| \frac{18 \text{ lb}}{\text{lb mol}}$$

$\boxed{\begin{array}{c} = 1.10 \text{ lb } H_2O/1000 \text{ ft}^3 \\ \text{at 70°F and 740 mm Hg} \end{array}}$

(و)

ورودی

$$\frac{0.30}{0.99324}$$

$\boxed{= 0.302 \text{ lb } H_2O/1000 \text{ ft}^3 \text{ vapor free air}}$

خروجی

$$\frac{1.10}{0.9757}$$

$\boxed{= 1.127 \text{ lb } H_2O/1000 \text{ ft}^3 \text{ vapor free air}}$

(ز)

مبنا: 800,000 ft^3/day at 80°F, 740 mm Hg

ورودی

Vol % air = 99.324%

Vol dry air = (800,000)(0.99324)

= 794,600 ft^3

Vol H_2O vap = (800,000)(0.00676)

= 5400 ft^3 at 80°F, 740 mm Hg

$$5400 \text{ ft}^3 \left(\frac{740}{760}\right)\left(\frac{492}{540}\right)$$

= 4790 ft^3 at SC

خروجی

$$\text{Vol dry air} = 794{,}600\left(\frac{530}{540}\right)$$

= 779,900 ft^3 at 70°F

Vol% = 97.57%

$$\text{Total vol} = \frac{779{,}900}{0.9757} = 799{,}300 \text{ ft}^3$$

Vol H_2O vap = 799,300 − 799,900

= 9,400 ft^3 at 70°F, 740 mm Hg

$$19{,}400\left(\frac{492}{530}\right)\left(\frac{740}{760}\right) = 17{,}535 \text{ at SC}$$

آب تبخیر شده = 17,535 − 4.790 = 12,745 ft^3 at SC

$$\frac{12{,}745 \text{ ft}^3}{} \Big| \frac{1 \text{ lb mol}}{359 \text{ ft}^3} \Big| \frac{18 \text{ lb}}{\text{lb mol}} = 639 \text{ lb } H_2O/\text{day}$$

قسمت (ز) را می‌توان با کمک قسمت (و) و حجم هوای خشک محاسبه کرد:

(ج)

خروجی

$779{,}900\ ft^3$ dry air

$1.127\ lb\ H_2O/1000\ ft^3$ dry air (see f)

$$\frac{779{,}900}{}\left|\frac{1.127}{1000}\right. = 879\ lb\ H_2O$$

ورودی

$794{,}600\ ft^3$ dry air

$0.302\ lb\ H_2O/1000\ ft^3$ dry air (see f)

$$\frac{794{,}600}{}\left|\frac{0.302}{1000}\right. = 240\ lb\ H_2O$$

آب تبخیر شده $= 879 - 240 = \boxed{639\ lb\ H_2O/day}$

بخش ۱۱-۲

۱۱-۲-۱

(الف) $T = 10°C$

(ب) $\mathcal{RH} = 38\%$

(ج) $\mathcal{H} = 0.79\ kg\ H_2O/kg\ air$

۱۱-۲-۲

در حالت اشباع در هنگامیکه بخار موجود در هوا به حالت اشباع می‌رسد دیگر تبخیری از روی حباب مرطوب صورت نمی‌گیرد در نتیجه دمای حباب مرطوب با دمای محیط که همان دمای حباب خشک می‌باشد برابر است و دمای نقطه شبنم نشان دهنده دمای اشباع برای رطوبت ($\mathcal{H}$) مورد نظر می‌باشد که در حالت اشباع بر یکدیگر منطبق می‌شوند و در منحنی رطوبت سنجی می‌توان به خط هوای اشباع مراجعه کرد. ($\mathcal{RH} = 100\%$)

۱۱-۲-۳

هنگامی که هوای مرطوب در فشار ثابت (رطوبت ثابت) سرد شود، به دمایی می‌رسد که میعان در آن دما آغاز می‌شود که دمای نقطه شبنم می‌باشد. این فرآیند به صورت خط افقی (خط رطوبت ثابت) در منحنی رطوبت سنجی می‌باشد که با امتداد آن به سمت چپ می‌توان دمای نقطه شبنم را روی خط هوای اشباع مشخص کرد.

۱۱-۲-۴

هنگامی که هوا اشباع می‌شود (رطوبت نسبی 100%)

۱۱-۲-۵

از آنجاییکه خط سرد شدن آدیاباتیک (آنتالپی ثابت) بر خط حباب مرطوب منطبق است و در هر شرایطی با یکدیگر برابر می‌باشند ولی در مورد دمای اشباع آدیاباتیک فقط در حالت اشباع 100% با دمای حباب مرطوب برابر می‌باشد.

۱۱-۲-۶

با استفاده از نمودار رطوبت سنجی خواهیم داشت:

(الف) $T = 25°C$ (ب) $\mathcal{RH} \cong 59\%$

۱۱-۲-۷

به کمک نمودار رطوبت سنجی در دمای حباب خشک 30°C با میانیابی بین رطوبت نسبی 60% و 70% خواهیم داشت:

$$\mathcal{H} = 0.0175\ kg\ H_2O/kg\ dry\ air$$

۱۱-۲-۸

مبنا: $100\ m^3$ مخلوط

(الف) با فرض کامل بودن مخلوط گازی:

$(C_2H_6O = A;\quad CO_2 = C)$

$$p_tV_t = n_tRT \quad\Rightarrow\quad n_t = \frac{(100)(100)}{(8.314)(313)} = 3.84\ kg\ mol$$

$$\Rightarrow n_C = 3.46\ kg\ mol;\ n_A = 0.38\ kg\ mol$$

$$\frac{0.38\ kg\ mol\ C_2H_6O}{3.46\ kg\ mol\ CO_2}\left|\frac{46\ kg\ C_2H_6O}{1\ kg\ mol\ C_2H_6O}\right|\frac{1\ kg\ mol\ CO_2}{44\ kg\ CO_2} = 0.116\ \frac{kg\ C_2H_6O}{kg\ CO_2}$$

(ب)

$$\mathcal{RH} = \frac{p_A}{p_A^*}\times 100$$

به کمک رابطه آنتوان و پیوست درون CD کتاب فشار بخار اشباع الکل در $T = 40°C$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\ln(p^*) = 18.5242 - \frac{3578.91}{-50.5+313} \Rightarrow p^* = 132.99\ mm\ Hg\ (17.73\ kPa)$$

$$\mathcal{RH} = \frac{(100)(0.1)}{17.73}\times 100 \cong 56\%$$

(ج)

$$C_S = 1.00 + 1.88\,(\mathcal{H})\ kJ/(K)(kg\ dry\ air)$$

$$C_S = 1.00 + 1.88\,(0.116)\ kJ/(K)(kg\ dry\ air)$$

(د)

$$\hat{V}' = 2.83\times10^{-3}T_K + 4.56\times10^{-3}(H)$$
$$= 2.83\times10^{-3}(313.15) + (4.56\times10^{-3})(0.116) = 0.877\ m^3/kg\ CO_2$$

در حالت اشباع در 40°C:

Scanned by CamScanner

$$\mathcal{H} = \frac{(46)(17.73)}{(44)(100 - 17.73)} = 0.228$$

$$\hat{V}' = (2.83 \times 10^{-3})(313.15) + (4.56 \times 10^{-3})(0.228) = 0.878$$

۱۱-۲-۹

خط آنتالپی ثابت بر خط دمای حباب مرطوب منطبق و در یک راستا قرار دارند که دلیل این امر متناسب بودن آنتالپی هوای مرطوب با دمای حباب مرطوب می‌باشد.

۱۱-۲-۱۰

آب موجود در هوای مربوط را کندانس می‌کند.

۱۱-۲-۱۱

$$\left.\begin{matrix} p = 100\ \text{kPa} \\ T_{DB} = 90°C \\ T_{WB} = 46°C \end{matrix}\right. \xrightarrow{\text{سرد شدن}} T_{DB} = 43°C$$

(الف) از منحنی رطوبت سنجی در $T_{DB} = 90°C$ و $T_{WB} = 46°C$ رطوبت بدست می‌آید:

$$\mathcal{H} = 0.049\,\frac{\text{kg } H_2O}{\text{kg dry air}} \equiv 0.079\,\frac{\text{kg mol } H_2O}{\text{kg mol dry air}}$$

در عمل سرد کردن چون سیستم صلب (بسته) است و به نقطه‌ی شبنم نمی‌رسیم پس رطوبت ثابت می‌ماند.

(ب) حجم مخزن صلب ثابت است، یعنی $V_1 = V_2$

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = p_1\frac{T_2}{T_1} = 100 \times \frac{43 + 273}{90 + 273} = 87.1\ \text{kPa}$$

(ج) با توجه به مقادیر T_{DB}، T_{WB} داریم:

$$T_{DP} = 37°C$$

۱۱-۲-۱۲

ابتدا رطوبت و آنتالپی مربوط به شرایط اولیه هوای مرطوب را به کمک منحنی رطوبت سنجی به دست می‌آوریم.

$$\left.\begin{matrix} T_{DB} = 180°F \\ T_{WB} = 120°F \end{matrix}\right\} \Rightarrow \begin{matrix} \mathcal{H}_1 = 0.066\ ^{\text{lb } H_2O}/_{\text{lb dry air}} \\ \Delta\hat{H}_1 = 119.7\ ^{\text{Btu}}/_{\text{lb dry air}} \end{matrix}$$

با کاهش دما رطوبت هوا تغییر نمی‌کند ($\mathcal{H}_1 = \mathcal{H}_2$). در نتیجه با کمک منحنی رطوبت سنجی برای دمای حباب خشک 115°F و رطوبت $0.066\ ^{\text{lb } H_2O}/_{\text{lb dry air}}$ آنتالپی هوا را به دست می‌آوریم.

$$\left.\begin{matrix} \mathcal{H} = 0.066\ ^{\text{Btu}}/_{\text{lb dry air}} \\ T_{DB} = 115°F \end{matrix}\right\} \Rightarrow \Delta\hat{H}_2 = 101.0\ ^{\text{Btu}}/_{\text{lb dry air}}$$

$$\Delta H = \frac{1\ \text{lb dry air}}{} \left| \frac{(101.0 - 119.7)\ \text{Btu}}{\text{lb dry air}} \right. = -18.7\ \text{Btu}$$

۱۱-۲-۱۳

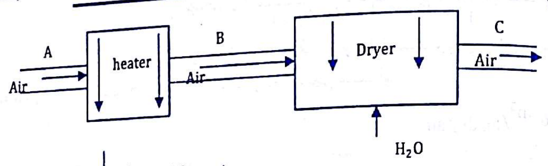
با توجه به دمای حباب خشک (29°C) و رطوبت نسبی 40 % می‌توان موقعیت هوای مرطوب مورد نظر را روی منحنی رطوبت سنجی مشخص کرد و از آنجائیکه می‌توان فرض کرد که کولر عایق‌بندی می‌باشد و با محیط اطراف تبادل حرارت ندارد خواهیم داشت:

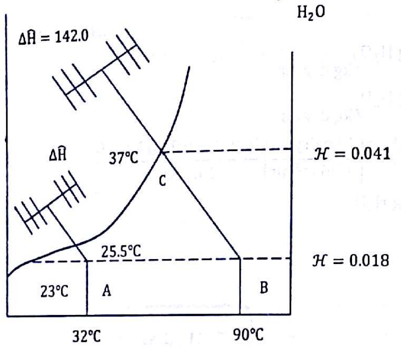
$$Q = \Delta H = 0$$

در نتیجه روی خط آنتالپی ثابت تا منحنی اشباع پیش می‌رویم و حداقل دمای ممکن خروجی بدست می‌آید.

$$T_{out}(\text{min}) = 19.5°C$$

۱۱-۲-۱۴





(الف) برای تعیین نقطه شبنم نقطه A از محل آب باید به صورت افقی به سمت چپ حرکت کرد.

$$T_{\text{Drw point}} = 23°C$$

(ب)

$$\left.\begin{matrix} T_{DB} = 32°F \\ T_{WB} = 25.5°C \end{matrix}\right\} \Rightarrow \mathcal{H}_A = 0.018\ ^{\text{kg } H_2O}/_{\text{kg dry air}}$$

(ج)

$$\mathcal{RH}_A = 60\%$$

$$\mathcal{RH}_B = 4\%$$

(د) برای محاسبه مقدار گرمای مورد نیاز برای گرم کردن هوا باید آنتالپی نقطه A و B را به کمک منحنی رطوبت سنجی بدست آورید.

$$\Delta\hat{H}_{\text{actualA}} = \Delta\hat{H}_{\text{satd}} + \delta H$$

Scanned by CamScanner

$\Delta\hat{H}_A = 78.5 + (-0.5) = 78.0\ ^{kJ}/_{kg\ dry\ air}$

$\Delta\hat{H}_{actual,B} = \Delta\hat{H}_{satd} + \delta H$

$\Delta\hat{H}_B = 142.0 + (-3.5) = 138.5\ ^{kJ}/_{kg\ dry\ air}$

و نیز حجم ویژه هوای اولیه (نقطه A) را برای بدست آوردن وزن هوای خشک موجود در $100\ m^3$ هـوای مرطوب، مورد نیاز می‌باشد.

$\hat{V}_A = 0.89\ ^{m^3}/_{kg\ dry\ air}$

$$Q = \Delta H = \frac{100\ m^3}{}\left|\frac{1\ kg\ dry\ air}{0.89\ m^3}\right|\frac{(138.5 - 78.0)\ kJ}{kg\ dry\ air} = 6798\ kJ$$

(هـ) برای محاسبه مقدار آب تبخیر شده درون خشک کن ابتدا باید مقدار هوای خشک ورودی به آن را محاسبه کـرد در نتیجه مقدار حجم ویژه نقطه B را باید از روی نمودار رطوبت سنجی بدست آورد.

$\hat{V}_B = 1.06\ ^{m^3}/_{kg\ dry\ air}$

و مقادیر رطوبت نقاط B و C را باید بدست آوریم.

$\mathcal{H}_B = 0.018\ ^{kg\ H_2O}/_{kg\ dry\ air}$

$\mathcal{H}_C = 0.018\ ^{kg\ H_2O}/_{kg\ dry\ air}$

$$m_{H_2O} = \frac{100\ m^3\ air}{}\left|\frac{1\ kg\ dry\ air}{1.06\ m^3\ air}\right|\frac{(0.041 - 0.018)\ kg\ H_2O}{1\ kg\ dry\ air}$$

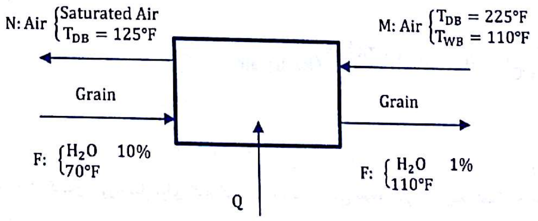
$m_{H_2O} = 2.17\ kg\ H_2O$

(و)

$T_C = 37°C$

بخش ۱۱-۳

۱-۳-۱۱



مبنا : 10 ton / day غله

(الف) با استفاده از منحنی رطوبت سنجی شکل داریم:

$\mathcal{H}_M = 0.031\ \frac{lb\ H_2O}{lb\ dry\ air}$

$\mathcal{H}_N = 0.0953\ \frac{lb\ H_2O}{lb\ dry\ air}$

(ب) موازنه برای غله خشک:

مقدار غله ورودی = مقدار غله خروجی

$10(0.90) = E(0.99) \Rightarrow E = 9.091\ ^{ton}/_{day}$

مقدار آب جدا شده $= 10 - 9.091 = 0.909\ ^{ton}/_{day}$

مقدار آب جدا شده $= \frac{0.909\ ton}{day}\left|\frac{1000\ kg}{1\ ton}\right|\frac{1\ lb}{0.454\ kg}\left|\frac{1\ day}{24\ hr}\right. = 83.5\ \frac{lb\ H_2O}{hr}$

مقدار محصول خروجی $= E = \frac{9.091\ ton}{day}\left|\frac{1000\ kg}{1\ ton}\right|\frac{1\ lb}{0.454\ kg} = 20.042 \times 10^3\ \frac{lb}{day}$

(د) ابتدا مقدار هوای خشک را محاسبه می‌کنیم:

پاوند هوای خشک خروجی = پاوند هوای خشک ورودی = y

رطوبت ورودی با هوا $= y(\mathcal{H}_M)$

رطوبت خروجی با هوا $= y(\mathcal{H}_N)$

موازنه آب در خشک کن:

$10(0.1) + 9.091(0.01) + y\mathcal{H}_M - y\mathcal{H}_N = 0$

$10(0.1) + 9.091(0.01) + y(0.031 - 0.0953) = 0$

$y = 14.138\frac{ton}{day} \equiv 1298.7\ \frac{lb}{hr}$

موازنه انرژی را در اطراف خشک کن می‌نویسیم و دمای مبنا را برای غله $T_{ref} = 70°F$ در نظر مـی‌گیـریم. بـه ایـن ترتیب آنتالپی غله ورودی صفر می‌شود:

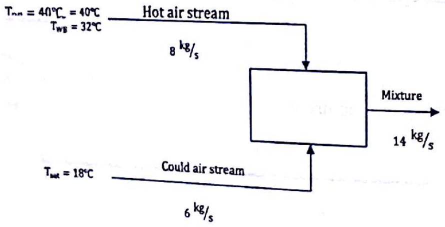
$Q + F.\Delta\hat{H}_F - E\Delta\hat{H}_E + y(\Delta\hat{H}_M - \Delta\hat{H}_N) = 0$

$Q - EC_p(110 - 70) + y(\Delta\hat{H}_M + \Delta\hat{H}_N) = 0$

$Q - 835.1(0.18)(110 - 70) + 1298.7(92.3 - 140) = 0$

$Q = 67760\ \frac{Btu}{hr}$

۲-۳-۱۱



ابتدا مقادیر مورد نیاز برای هر جریان را از منحنی رطوبت سنجی بدست می‌آوریم.

Hot air stream: $\mathcal{H} = 0.0275 \ \text{kg H}_2\text{O}/\text{kg dry air}$

$\Delta\hat{H}_{satd} = 111 \ \text{kJ}/\text{kg dry air}$

$\delta H = 0.5 \ \text{kJ}/\text{kg dry air}$

$\Delta\hat{H}_{actual} = 110.5 \ \text{kJ}/\text{kg dry air}$

Cloud air stream: $\mathcal{H} = 0.0122 \ \text{kg H}_2\text{O}/\text{kg dry air}$

$\Delta\hat{H}_{satd} = 51 \ \text{kJ}/\text{kg dry air}$

$\delta H = 0$

$\Delta\hat{H}_{actual} = 51 \ \text{kJ}/\text{kg dry air}$

سپس، برای محاسبه رطوبت جریان مخلوط مقادیر آب ورودی توسط هر یک از جریان‌های ورودی را محاسبه می‌کنیم.

$$m_{H_2O}(\text{Hot}) = \frac{8 \text{ kg stream}}{} \Big| \frac{0.0275 \text{ kg H}_2\text{O}}{(1+0.0275) \text{ kg stream}} = 0.214 \text{ kg H}_2\text{O}$$

$$m_{H_2O}(\text{Could}) = \frac{6 \text{ kg stream}}{} \Big| \frac{0.0122 \text{ kg H}_2\text{O}}{(1+0.0122) \text{ kg stream}} = 0.072 \text{ kg H}_2\text{O}$$

$$m_{H_2O}(\text{Mixture}) = m_{H_2O}(\text{Hot}) + m_{H_2O}(\text{Could})$$

$$m_{H_2O}(\text{Mixture}) = 0.214 + 0.072 = 0.286 \text{ kg H}_2\text{O}$$

$$\mathcal{H}_{mixture} = \frac{m_{H_2O}}{m_{dry\ air}} = \frac{0.286 \text{ kg H}_2\text{O}}{(14-0.286) \text{ kg dry air}} = 0.0208 \ \text{kg H}_2\text{O}/\text{kg dry air}$$

سپس به کمک موازنه انرژی ساده آنتالپی ویژه جریان هوای مخلوط را به دست می‌آوریم:

$$\Delta H(\text{Hot}) = \frac{8 \text{ kg stream}}{} \Big| \frac{1 \text{ kg dry air}}{(1+0.0122) \text{ kg stream}} \Big| \frac{110.5 \text{ kJ}}{\text{kg dry air}}$$

$$\Delta H(\text{Hot}) = 860.3 \text{ kJ}$$

$$\Delta H(\text{Could}) = \frac{6 \text{ kg stream}}{} \Big| \frac{1 \text{ kg dry air}}{(1+0.0122) \text{ kg stream}} \Big| \frac{51 \text{ kJ}}{\text{kg dry air}}$$

$$\Delta H(\text{Could}) = 302.3 \text{ kJ}$$

$$\Delta H(\text{Mixture}) = 860.3 + 302.3 = 1162.6 \text{ kJ}$$

$$\Delta H(\text{Mixture}) = \frac{1162.6 \text{ kJ}}{(14-0.286) \text{ kg dry air}} = 85 \ \text{kJ}/\text{kg dry air}$$

به کمک مقدار رطوبت ($\mathcal{H}$) و آنتالپی مخصوص جریان مخلوط می‌توان سایر مقادیر مورد نظر را از روی منحنی رطوبت سنجی بدست آورد.

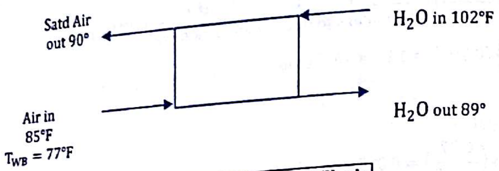
(الف) $T = 32°C$

(ب) $\mathcal{H} = 0.0208 \ \text{kg H}_2\text{O}/\text{kg dry air}$

(ج) $\mathcal{RH} = 70\%$

۱۱-۳-۳

اطلاعات از نمودار رطوبت سنجی:



(الف)

$$H_{air\ in} = \boxed{0.01813 \text{ lb H}_2\text{O/lb air}}$$

(ب)

$$H_{air\ out} = \boxed{0.031 \text{ lb H}_2\text{O/lb air}}$$

$$H_2O \text{ picked up} = 0.031 - 0.01813 = 0.0129 \text{ lb H}_2\text{O/lb air}$$

موازنه انرژی:

$$\Delta H_{air\ out} - \Delta H_{air\ in} = \Delta H_{water\ in} - \Delta H_{water\ out}$$

مبنا: 1 lb dry air Ref. temp = 85°F

$$\overbrace{\frac{0.24 \text{ Btu}}{(\text{lb})(°\text{F})}\Big|\frac{1 \text{ lb}}{}\Big|\frac{(90-85)}{}}^{\Delta H_{air\ out}} + \overbrace{\frac{0.45 \text{ Btu}}{(\text{lb})(°\text{F})}\Big|\frac{m \text{ lb}}{}\Big|\frac{(90-85)}{}}^{\Delta H_{H_2O\ out}}$$

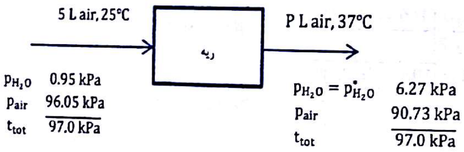
$$\overbrace{\frac{+1040 \text{ Btu}}{\text{lb}}\Big|\frac{0.0129 \text{ lb}}{}}^{\Delta H_{H_2O\ out}} \quad \overbrace{-0}^{\Delta H_{air+H_2O\ in}} \quad \overbrace{-\frac{1 \text{ Btu}}{(\text{lb})(°\text{F})}\Big|\frac{m \text{ lb}}{}\Big|\frac{(102-89)}{}}^{\Delta H_{H_2O\ in}-\Delta H_{H_2O\ out}}$$

$$m = 1.136 \text{ lb H}_2\text{O/lb air} \ \text{ or } \ \boxed{0.915 \text{ lb air/lb H}_2\text{O}}$$

(ج)

$$\%H_2O \text{ vaporized} = \left(\frac{0.0129}{1.136}\right)100 = \boxed{1.14\%}$$

۱۱-۳-۴



$$p^*_{25°C} = 3.17 \text{ kPa}$$

Scanned by CamScanner

$p_{H_2O} = 3.17(0.3) = 0.95 \text{ kPa}$

مبنا: 5 L → 1 min

موازنه جرم:

In: $n_{air} = \frac{96.05 \text{ kPa}}{} \bigg| \frac{1 \text{ atm}}{101.3 \text{ kPa}} \bigg| \frac{5 \text{ L}}{298 \text{ K}} \bigg| \frac{1 \text{ (g mol)(K)}}{0.08206 \text{ (L)(atm)}} = 0.194 \text{ g mol}$

$n_{H_2O}\left(\frac{0.95}{95.05}\right)(0.194) = 1.92 \times 10^{-3} \text{ g mol}$

out:

$n_{air} = 0.194 \text{ g mol}$

$n_{H_2O} = 0.194\left(\frac{6.27}{90.73}\right) = 0.0134 \text{ g mol}$

موازنه انرژی:

$Q = \Delta H$

$\Delta\hat{H}_{vap} = 2414.3 \text{ kJ/kg}$

ΔH_{In}: $\Delta H = 0$ چون هوا و آب هر دو در 25°C وارد می‌شوند، پس برای هر دو

فرض کنید افزایش در بخار آب به سبب آب تبخیر شده در 37°C:

ΔH_{out}:

$\Delta H_{air} = 0.194\int_{298}^{310}(27.2 + 0.0041T_k)dT = 66.2 \text{ J}$

$\Delta H_{H_2O} = 1.92 \times 10^{-3}\int_{298}^{310}(34.4 + 0.0063T_k)dT$

$+(0.0134 - 1.92 \times 10^{-3})(2414.3)(18) = 499 \text{J}$

$Q = \Delta H = 499 + 66.2 = 565 \text{ J/min or } \boxed{33.9 \text{ kJ/hr}}$

۱۱-۳-۵

مبنا: 180 kg/hr of product

موازنه جرم:

$\text{محصول خشک} = \frac{92 \text{ kg dry P}}{100 \text{ kg P}} \bigg| \frac{180 \text{ kg P}}{1 \text{ hr}} = 166 \text{ kg dry P/hr}$

آب منتقل شده از جامد:

$\text{In} = \frac{1.25 \text{ kg } H_2O}{1.00 \text{ kg dry P}} \bigg| \frac{166 \text{ kg/hr dry P}}{} - (0.08)(180) \text{ kg/hr}$

$= 207.5 - 14.4 = \boxed{193 \text{ kg } H_2O\text{/hr}}$

مبنا: 1 BDA

آب در خشک کن جدا می‌شود.

$\left(\frac{0.0571 \text{ kg } H_2O}{\text{kg BDA}}\right)_{out,53°} - \left(\frac{0.0083 \text{ kg } H_2O}{\text{kg BDA}}\right)_{in,21°} = 0.0488\frac{\text{kg } H_2O}{\text{kg BDA}}$

ب) موازنه انرژی:

Air:	$\Delta\hat{H}$ (kJ/kg BDA)
air in (21°C, 52% RH):	58.2
air out (53°C, 60% RH):	219.7
$\Delta\hat{H}$ =	161.5 kJ/kg BDA

مبنا: 1 hr

$\Delta H = (161.6)(3955) = 6.387 \times 10^5 \text{ kJ}$

جامد (ref. 21°C)

solid out: $\Delta\hat{H} = \int_{21}^{43} C_p dT = \frac{0.18 \text{ cal}}{(g)(°C)} \bigg| \frac{4.184 \text{ J}}{\text{cal}} \bigg| \frac{10^3}{10^3} \bigg| \frac{(43-21)°C}{} = 16.57 \text{ kJ/kg P}$

solid in: $\Delta\hat{H} = 0$ (به دلیل دمای مرجع)

مبنا: 1 hr

$\Delta H = (16.57)(180) = 2983 \text{ kJ}$

اگر خشک‌کن و گرمکن عایق باشند، پس:

$Q - W = \Delta H$ and $W = 0$

$Q_{reheater} = 2983 + 6.387 \times 10^5 = \boxed{6.42 \times 10^5 \text{ kJ/hr}}$

۱۱-۳-۶

هوای اولیه: $T_{DB} = 38°C$، $T_{WB} = 27°C$

$H_1 = 0.0175$ kg/kg dry air

هوا از دستگاه شستشو: $T = 24°C$، $RH = 100\%$، $RH_2 = 0.0188$ kg/kg dry air

Heated to 93°C: $H_3 = 0.0188$

از خشک کن: $T_{DB} = 49°C$، $H_4 = 0.0377$

(1000 kg/hr)(0.05) = 50.0 kg H_2O to be evaporated

50.0/(0.0377 − 0.0188) = 2650 kg dry air/hr

2650(0.0377) = 100 kg H_2O/hr

$V_d\left(\frac{2650}{29} + \frac{100}{18}\right)\bigg|\frac{22.4}{}\bigg|\frac{273+49}{273} = 2560 \text{ m}^3$ at 49°C and 1 atm

گرمای داده شده:

$Q = \{(2650)(1.00) + 100(0.200\}(93 - 24) = 1.84 \times 10^5 \text{ kJ/hr}$

Water at 93°C has $p^* = 79.4$ kPa

$H_3 = \frac{(18)}{(29)}\bigg|\frac{(79.4)}{(101.3 - 79.4)} = 2.25 \text{ kg } H_2O\text{/kg dry air}$

Scanned by CamScanner

31

$[(0.0188/2.25)](100) = 0.83\%$ RH air from heater

پاسخ‌ها:

(الف)		(ب)	
۱. $H = 0.0175$		۱. 42%	(ج) 2650 kg dry air/hr
۲. $H = 0.0188$		۲. 100%	(د) $2560\ m^3/hr$
۳. $H = 0.0188$		۳. 0.83%	(هـ) 1.84×10^5 kJ/hr
۴. $H = 0.0377$		۴. 47%	

۱۱-۳-۷

مبنا: 1 hr

فرضیات:

۱- $\Delta PE = \Delta KE = W = 0$

۲- بدون واکنش

۳- باز، حالت پایدار

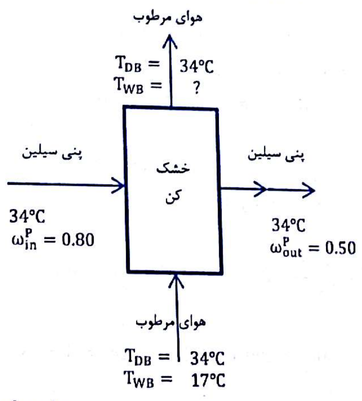
۴- رفتار گاز ایده‌آل

اطلاعات:

هوای ورودی (in):

$\hat{H}$ (kJ/kg dry air)	50.5
$\mathcal{H}$ (kg H_2O/kg dry air)	0.00587
$\hat{V}$ (m^3/kg dry air)	0.88

فرض کنید خواص پنی سیلین مرطوب مشابه آب است. ΔH_{vap} در 34°C برابر با 2420.25 kJ/kg. اگر کیلوگرم پنی سیلین خشک بر ساعت = P و کیلوگرم هوای خشک بر ساعت = F



$$\text{air in} = \frac{1500\ m^3}{} \Big| \frac{1\ \text{kg dry air}}{0.88\ m^3} = 5114\ \text{kg dry air}$$

موازنه‌ها: آب، هوای خشک و پنی سیلین خشک

فرض کنید:

T_{WB}(°C)	$\mathcal{H}\left(\frac{kg\ H_2O}{kg\ dry\ air}\right)$	$\hat{H}$ (kJ/kg dry air)
20	0.009	57.0
21	0.010	60.6
22	0.0115	64.0

موازنه آب:

$5114\,(0.009 - 0.00587) = \text{water evaporated} = 16.0$ kg

$5114\,(0.010 - 0.00587) = 21.1$ kg

$5114\,(0.0115 - 0.00587) = 28.8$ kg

موازنه انرژی:

$5114\ (57.0 - 50.5)/(2420.25) = 13.73$ kg

$5114\ (60.5 - 50.5)/(2420.25) = 21.1$ kg

$5114\ (64.0 - 50.5)/(2420.25) = 28.5$ kg

(الف). $\boxed{28.5\ kg}$ = آب تبخیر شده

(ب). $\Delta H\,(21°C) = 51{,}140$ kJ/kg dry air $\Rightarrow \boxed{51{,}140\ kJ/hr}$

(ج).

مجهولات T_{WB} خروجی، P

معادلات آب، هوا

موازنه آب روی هوا که آب تبخیر شده را بدست می‌دهد: $(5114)(0.010 - 0.00587) = 21.1$ kg H_2O

موازنه انرژی: $(60.5 - 50.5)(5114) + 21.1(2420.25) = 0$

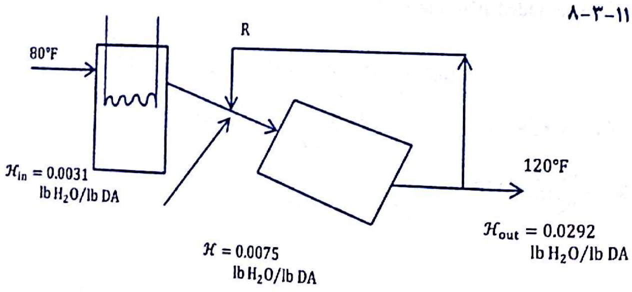
$0.80 \rightarrow 0.60$

<u>Use 21°C</u>

$$21.1\ kg\ H_2O\ evap = P\left(\frac{0.80}{0.20} - \frac{0.50}{0.50}\right) = 3P$$

$$P = \frac{21.1}{3} = \boxed{7\ kg/hr}$$

۱۱-۳-۸



Scanned by CamScanner

مبنا: 2000 lb پسماند خشک (DW)

Comp.	in %		out
H_2O	63.4		22.7
DW	36.6	$\leftrightarrow$	77.3
	100.0		100.0

waste in = $\dfrac{2000}{}\Big|\dfrac{0.773}{}\Big|\dfrac{100}{36.6} = 4{,}220\ \text{lb}$

DW out = 2,000 lb

H_2O evap. = 2,220 lb

مبنا: 1 lb dry air

Air in, 80°F, 29.92 in. Hg, $T_{WB} = 54°F$:

$\mathcal{H}_{in} = 0.0031\ H_2O/\text{lb dry air} \quad \hat{H}'_{in} = 22.62 - 0.18 = 22.54\ \text{Btu/lb dry air}$

Air out, 120°F, 29.92 Hg, $T_{WB} = 94°F$

$\mathcal{H}_{out} = 0.0292\ \text{lb}\ H_2O/\text{lb dry air} \quad \hat{H}' = 61.77 - 0.4 = 61.37\ \text{Btu/lb dry air}$

موازنه کلی:

$\mathcal{H}_{out} = 0.0292\ \text{lb}\ H_2O/\text{lb dry air}$

$\mathcal{H}_{in} = 0.0031$

H_2O evaporated $= 0.0261\ \text{lb}\ H_2O/\text{lb dry air}$

(ب)

air used per ton dust $= \dfrac{(1+0.0031)}{}\Big|\dfrac{}{0.0261}\Big|\dfrac{2220}{} = \boxed{85{,}400\ \text{lb}}$ moist inlet air per ton DW

Air out $= \dfrac{1.00}{}\Big|\dfrac{}{0.0261}\Big|\dfrac{2220}{}\Big|\dfrac{}{(29)} = 2{,}930$ lb mol dry air out

$\dfrac{0.0292}{}\Big|\dfrac{}{0.0261}\Big|\dfrac{2220}{}\Big|\dfrac{}{(18)} = 138\ \text{mol}\ H_2O\ \text{out}$

3068 total mol out

(ج)

$\dfrac{3068}{}\Big|\dfrac{359}{}\Big|\dfrac{580}{492} = \boxed{1{,}300{,}000}\ \text{ft}^3$ wet air exiting/ton DW

هوای بازگردانده شده

R = lb air added at mixing point before kiln

موازنه آب:

$$(0.0031)(1) + (0.0292)(W) = (0.0075)(1+W)$$

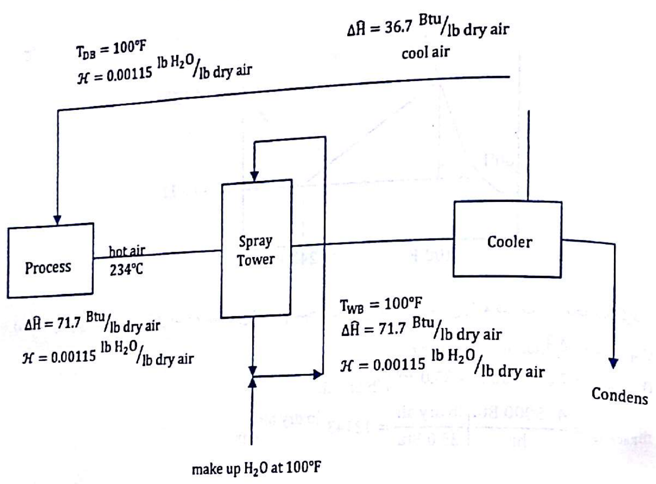
$$\begin{array}{rcr} 0.0292\,W & = & 0.0075 \\ -0.0075\,W & & -0.0031 \\ \hline 0.0217\,W & & 0.0044 \end{array}$$

$$R = \frac{0.0044}{0.0217} = 0.203\ \text{lb}$$

(الف)

درصد هوای بازگردانده شده $= \dfrac{0.203}{1.203}\Big|\dfrac{100}{} = \boxed{16.8\%}$

۱۱-۳-۹



(الف) ابتدا خواص مربوط به جریان خروجی از برج پاشش را به کمک منحنی رطوبت سنجی بدست می‌آوریم.

$$\left.\begin{array}{l} T_W = 100°F \\ \text{state : saturate} \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta\hat{H} = 71.7\ \text{Btu/lb dry air} \\ \mathcal{H} = 0.043\ \text{lb}\ H_2O/\text{lb dry air} \end{array}$$

از آنجاییکه برج پاششی به صورت آدیاباتیک کار می‌کند آنتالپی هوا در هنگام عبور از آن تغییری نمی‌کند، در نتیجه آنتالپی جریان ورودی به برج (جریان هوای گرم) برابر آنتالپی جریان خروجی از برج می‌باشد.

$$\Delta\hat{H}_{Hot\ air} = \Delta\hat{H}_S = 71.7\ \text{Btu/lb dry air}$$

با توجه به اطلاعات جریان هوای گرم (هوای خروجی از فرآیند) می‌توان اطلاعات مورد نظر مسأله را به دست آورد.

$$\left.\begin{array}{l} \Delta\hat{H}_{Hot\ air} = 71.7\ \text{Btu/lb dry air} \\ T_{Hot\ air} = 234°F \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} T_{WB} = 100°F \\ \mathcal{RH} = 1.3\% \\ \mathcal{H} = 0.0115\ \text{lb}\ H_2O/\text{lb dry air} \end{array}$$

(ب) رطوبت هوا در هنگام عبور از فرآیند و گرم شدن تغییری نمی‌کند در نتیجه:

$$\mathcal{H}_{Hot\ air} = \mathcal{H}_{cool\ air} = 0.0115\ \text{lb}\ H_2O/\text{lb dry air}$$

به کمک رطوبت هوای سرد می‌توان نقطه شبنم آن را محاسبه کرد.

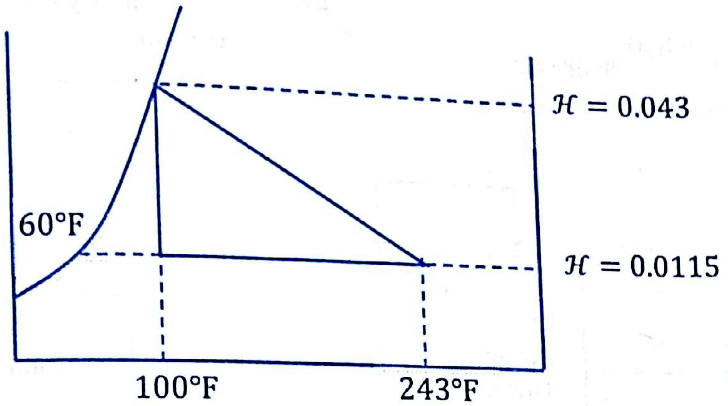
$$T_{DP,\ cool\ air} = 60°F$$

Scanned by CamScanner

و دما را در خروجی از کولر 100°F فرض می‌کنیم.

$$\left.\begin{aligned} T_{DB} &= 100°F \\ \mathcal{H} &= 0.0115\ {}^{\text{lb } H_2O}/_{\text{lb dry air}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta\hat{H} = 36.7\ {}^{\text{Btu}}/_{\text{lb dry air}}$$

(ج)



(د) مقدار هوای خشک در طول چرخه ثابت می‌باشد در نتیجه می‌توان اختلاف آنتالپی را به صورت زیر محاسبه کرد.

$$Q_{process} = \Delta\hat{H}_{Hot\ air} - \Delta\hat{H}_{cool\ air}$$

$$Q_{process} = 71.7 - 36.7 = 35.0\ {}^{\text{Btu}}/_{\text{lb dry air}}$$

$$\dot{m}_{Recycle} = \frac{425000\ \text{Btu}}{\text{hr}}\bigg|\frac{\text{lb dry air}}{35.0\ \text{Btu}} = 12143\ {}^{\text{lb dry air}}/_{\text{hr}}$$

Scanned by CamScanner

فهرست مطالب

فصل دوم: مفاهیم مقدماتی	۱
فصل سوم: مقدمه‌ای بر موازنه مواد	۲۶
فصل چهارم: موازنه مواد بدون انجام واکنش شیمیایی	۳۷
فصل پنجم: موازنه مواد در فرآیندهای همراه با واکنش‌های شیمیایی	۶۱
فصل ششم: موازنه مواد برای سیستم‌های چندواحدی	۱۲۵
فصل هفتم: گازهای ایده‌آل و گازهای حقیقی	۱۹۱
فصل هشتم: تعادل چند فازی	۲۶۸
فصل نهم: موازنه انرژی	۳۰۸
فصل دهم: موازنه انرژی؛ چگونگی موازنه انرژی در واکنش‌های شیمیایی	۳۹۲
فصل یازدهم: منحنی‌های رطوبت سنجی و کاربرد آن‌ها	۴۲۴

فصل دوم

مفاهیم مقدماتی

بخش ۲-۱

۲-۱-۱

(الف) گزینه «۴»

(ب) گزینه «۴» زیرا پیشوند M (مگا) به تنهایی مفهومی ندارد.

(ج) گزینه «۲» = $1\ atm = 10^5\ Pa = 100\ kPa$ فشار اتمسفر

(د) گزینه «۳» گزینه «۱» به دلیل نشانه اشتباه k غلط است. گزینه «۲» نیز نشان دهندهٔ دمای $-273.15°C$ می‌باشد. گزینه «۴» نیز به این دلیل که دمای انجماد آب در فشارهای مختلف متفاوت است.

(ه) گزینه «۱»

(و) گزینه «۲»

(ز) گزینه «۱»

(ح) گزینه «۲» با فرض اینکه جرم یک چمدان سنگین معمولاً به مقدار 25kg می‌باشد.

$$W = mg$$

$$W = \frac{25\,kg \mid 9.8\,m}{\mid s^2} = 245\frac{kg.m}{s^2} \cong 250\,N$$

بخش ۲-۲

Scanned by CamScanner

$= 136.4$ پروتئین /(mRNA)(min)

بخش ۲-۳

۲-۳-۱

(الف) در معادله داده شده از آنجاییکه تابع نمایی e^{cp} بدون بعد می‌باشد لذا واحد C عکس واحد P یعنی atm^{-1} می‌باشد. در رابطه داده شده A هم واحد با ρ یعنی g/cm^3 می‌باشد و واحد B نیز برابر $g/(cm^3)(°C)$ می‌باشد.

(ب)

$$A = 1.096\ g/cm^3$$
$$B = 0.00086\ g/(cm^3)(°C)$$
$$C = 0.000953\ atm^{-1}$$

$$A = \frac{1.096\,g}{cm^3}\left|\frac{1\,lb}{454\,g}\right|\frac{(30.48\,cm)^3}{(1\,ft)^3} = 68.36\ lb/ft^3$$

$$B = \frac{0.00086\,g}{(cm^3)(°C)}\left|\frac{1\,lb}{454\,g}\right|\frac{(30.48\,cm)^3}{(1\,ft)^3}\left|\frac{1.8\,°C}{1\,°R}\right. = 0.096\ lb/(ft^3)(°R)$$

$$C = 0.000953\left|\frac{14.7\,\frac{lb_f}{in^2}}{1\,atm}\right. = 0.014\ lb/in^2$$

۲-۳-۲

عبارت $(L - 0.2\,h_0)$ دارای واحد ft می‌باشد و عبارت $h_0^{1.5}$ دارای واحد $ft^{1.5}$ است. همچنین $\sqrt{2g}$ دارای واحد $\frac{ft^{0.5}}{s}$ می‌باشد و بنابراین، عبارت سمت راست در صورتیکه اعداد 0.415 و 2 بدون بعد فرض شوند دارای واحد

$$ft\left|ft^{1.5}\right|\frac{ft^{0.5}}{s} = \frac{ft^3}{s}$$

می‌باشد. رابطه فوق در صورتیکه اعداد 0.415 و 2 بدون بعد باشند از نظر دیمانسیونی صحیح است.

$$q = \frac{0.6}{}\left|\frac{2m^2}{}\right|\left(\frac{2\times 9.8\,m}{s^2}\left|\frac{10^{-3}\,m^3}{kg}\right|\frac{50\,kN}{m^2}\left|\frac{}{1-(2/5)^2}\right.\right)^{1/2}$$

$$= 1.3\,m^3/s(kN/kg)^{1/2}$$

ملاحظه می‌شود که محاسبات انجام شده نه از نظر مقداری و نه از نظر ابعادی با مقدار $q = 80.8\,m^3/s$ مطابقت ندارد.

اما اگر بجای g در فرمول از g_c استفاده شود، از آنجاییکه واحد و مقدار g_c در سیستم SI برابر $1(kg)(m)/(N)(s^2)$ می‌باشد، واحد و مقدار q برابر $q = 13.09\,m^3/s$ می‌شود.

۲-۳-۴

فشار وارد بر کف تانک : $P = p_{\text{نیتروژن}} + p_{\text{بنزین}}$

$$p_{\text{نیتروژن}} = 23 + 14.7 = 37.7\ psia$$

$$\rho_{\text{بنزین}} = \frac{0.703\ lb_m/ft^3}{1\ lb_m/ft^3\ H_2O}\left|62.4\ lb_m/ft^3\ H_2O\right|\frac{1\ ft}{12\ in} = 0.025\ lb_m/in^3$$

$$p = 37.7 + \rho_{\text{بنزین}} \times g/g_c \times h$$

$$p = 37.7 + \frac{0.025\,lb_m}{in^3}\left|\frac{32.2\,ft/s^2}{32.174\frac{(lb_m)(ft)}{(s^2)(lb_f)}}\right|73\,in = 39.53\ psi$$

فشار اتمسفر - فشار وارد بر کف تانک (ΔP) = اختلاف فشار در محل نشتی

$$\Rightarrow 39.55 - 14.7 = 24.83\ psi$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \pi\frac{(0.25)^2}{4} = 0.049\,in^2$$

$$Q = 0.61 \times 0.049\sqrt{\frac{2\times 24.83}{0.025}} = 1.33\,\frac{in^3}{hr}$$

لازم به ذکر است که عدد 0.61 دارای واحد s^{-1} است.

۲-۳-۵

$$Z = 1 + \rho B + \rho^2 C + \rho^3 D$$

چون Z بدون بعد است. بنابراین، طرف دیگر معادله ...